



TUGAS AKHIR - TE 141599

**RANCANG BANGUN KONTROL DAYA PANCAR PADA
SISTEM DRONE JAMMER BERDASARKAN JARAK
SASARAN**

Hendrawan Candra Purnama
NRP 2215 105011

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - TE 141599

**DESIGN OF POWER CONTROL ON DRONE JAMMER
SYSTEM BASED ON TARGET DISTANCE**

Hendrawan Candra Purnama
NRP 2215 105011

Supervisors
Dr. Muhammad Rivai S.T.,M.T
Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

(halaman ini sengaja dikosongkan)

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tugas akhir saya dengan judul **“Rancang Bangun Kontrol Daya Pancar pada Sistem Drone Jammer Berdasarkan Jarak Sasaran”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak di izinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sangsi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 31 Juli 2017



Hendrawan Candra Purnama

(halaman ini sengaja dikosongkan)

**RANCANG BANGUN KONTROL DAYA PANCAR PADA
SISTEM DRONE JAMMER
BERDASARKAN JARAK SASARAN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
NIP. 196904261994031003


Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.
NIP. 196409021989031003



(halaman ini sengaja dikosongkan)

RANCANG BANGUN KONTROL DAYA PANCAR PADA SISTEM DRONE JAMMER BERDASARKAN JARAK SASARAN

Nama : Hendrawan Candra Purnama
Dosen Pembimbing I : Dr. Muhammad Rivai, ST.,MT.
Dosen Pembimbing II : Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.

ABSTRAK

Perkembangan pesawat tanpa awak atau yang lebih banyak dikenal sebagai *Drone* kini sangat pesat. Pada wilayah tertentu, *drone* bisa menjadi suatu potensi ancaman privasi ataupun keamanan, karena memungkinkan untuk mengambil gambar atau informasi tanpa ijin, melakukan sabotase bahkan pengeboman. Salah satu solusi mengatasi potensi ancaman itu adalah menggunakan *drone jammer*.

Drone jammer yang dibuat mempunyai fitur pengendalian daya pancar sinyal berdasarkan jarak sasaran. Sistem *drone jammer* menggunakan *transmitter* Devo 7E dan *transceiver* NRF24L01 untuk mentransmisi sinyal pada pita frekuensi 2,4 GHz. Pengukuran jarak sasaran memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04. Data jarak disampaikan ke mikrokontroler Arduino Uno untuk pengaturan besar pancaran sinyal pengacau yang akan dikeluarkan oleh PGA ADL5330. Sinyal *jamming* akan ditransmisikan melalui antena Yagi dengan daya pancar yang disesuaikan.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa pengukuran jarak dengan sensor ultrasonik dapat mengukur jarak target hingga 375 sentimeter. Daya pemancar bisa berubah sesuai dengan jarak target sehingga daya tahan baterai bisa bertahan lebih lama. Pada jarak dekat, baterai bertahan selama 525 menit, sedangkan pada jarak yang jauh adalah 410 menit. Sinyal yang ditransmisikan oleh *drone jammer* adalah sekitar 3 dBm yang lebih tinggi daripada pemancar *drone* -30 dBm. Sistem *drone jammer* kurang efektif disebabkan oleh frekuensi yang terganggu hanya pada frekuensi 2,474 GHz dari 3 frekuensi yang dipakai *transmitter drone*, serta antena Yagi yang memiliki nilai VSWR yang buruk sebesar 5,420. Dari hasil tersebut, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sistem *drone jammer*.

Kata kunci – Arduino, *Drone*, *Jammer*, NRF24L01, PGA.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DESIGN OF POWER CONTROL ON DRONE JAMMER SYSTEM BASED ON TARGET DISTANCE

Name : Hendrawan Candra Purnama
1st Supervisor : Dr. Muhammad Rivai, ST.,MT.
2nd Supervisor : Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.

ABSTRACT

The development of unmanned aerial vehicle or more widely known as Drone is now very rapid. In some areas, drones can be a potential privacy or security threat, as it is possible to take pictures or information without permission, sabotage and even bombardment. One solution to overcome the potential threat is to use a drone jammer.

In this study has designed and constructed a drone jammer with a feature of controlling the transmit signal power based on target distance. The drone jammer system uses the Devo 7E transmitter and NRF24L01 transceiver to transmit signals in the 2.4 GHz frequency band. Target distance measurements utilize ultrasonic sensor HC-SR04. The distance data is conveyed to the Arduino Uno microcontroller for setting a magnitude transmit power of the PGA ADL5330. The jamming signal will be transmitted via Yagi antenna with adjustable transmit power.

The experimental results shows that the distance measurement with the ultrasonic sensor can measure a target distance up to 375 centimeters. Transmitter power can be changed according to the target distance so that the battery life time can last longer. At the short distance, the battery lasts for 525 minutes, while at the long distance is 410 minutes. The signal transmitted by drone jammer is about 3 dBm which is higher than the drone transmitter of -30 dBm. The less effective drone jammer system is caused by the three frequencies of the drone transmitter being interrupted only at the frequency of 2.474 GHz, and the Yagi antenna which has a poor VSWR value of 5.420. From these results, it is necessary to do further research on the drone jammer system.

Keywords – Arduino, Drone, Jammer, NRF24L01, PGA.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang telah memberikan ilham, bimbingan dan kekuatan kepada saya, sehingga dapat menyelesaikan penulisan buku Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Kontrol Daya Pancar pada Sistem Drone Jammer Berdasarkan Jarak Sasaran”** ini.

Sehubungan dengan selesainya Tugas Akhir ini, sebagai wujud rasa syukur saya kepada Allah yang telah menggerakkan hamba-hamba-Nya untuk membantu saya, saya mengucapkan salam dan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Muhammad Rivai, ST., MT. dan Bapak Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc. yang penuh kesabaran memberikan bimbingan dan arahan kepada saya dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT., Bapak Rahmad Setiawan, ST., MT., Ibu Ir. Siti Halimah Baki, MT., dan Bapak Astria Nur Irfansyah, ST., M.Eng., Ph.D. selaku dosen penguji dalam sidang Tugas Akhir saya.
3. Bapak Dr. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng. sebagai Ketua Departemen Teknik Elektro, Bapak Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT. sebagai Dekan Fakultas Teknologi Elektro, serta Bapak Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.ES., Ph.D. sebagai Rektor ITS.
4. Rekan-rekan mahasiswa Elektronika Lintas Jalur angkatan 2015 atas persaudaraan, atas bantuan saran dan dorongan semangatnya, semoga Allah senantiasa memberikan bimbingan dan pertolongan kepada kita.
5. Ibunda dan ayahanda yang senantiasa mendo'akanku, serta istri tercinta, semoga Allah selalu menjaga dan memberikan kebahagiaan di dunia dan akhirat.

Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis, bagi institusi serta bagi negara dan bangsa Indonesia.

Surabaya, Juli 2017

Penulis.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
1.7 Relevansi.....	4
BAB II TEORI PENUNJANG.....	5
2.1 <i>Drone</i>	5
2.1.1 Fungsi Kegunaan <i>Drone</i>	6
2.1.2 Jenis-jenis <i>Drone</i>	6
2.1.3 Cara Kerja <i>Drone</i>	9
2.2 Spektrum Frekuensi Radio	12
2.3 <i>Jammer</i>	13
2.3.1 Kegunaan <i>Jammer</i>	14
2.3.2 Jenis-jenis <i>Drone Jammer</i>	15
2.4 <i>Spectrum Analyzer</i>	16
2.5 Mikrokontroler	17
2.6 <i>Wireless Tranceiver</i>	18
2.7 Sensor Ultrasonik.....	19
2.8 <i>Programmable Gain Amplifier</i>	21
2.9 Hukum Penggunaan <i>Drone</i> di Indonesia.....	21
2.9.1 Ketentuan Umum Pengoperasian <i>Drone</i>	22
2.9.2 Ketentuan Tambahan <i>Drone</i> Berdasarkan Peralatan yang Dibawanya.	22
2.10 Hukum Berkaitan Dengan Frekuensi dan Pemanfaatannya .	23

BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT	25
3.1 Arsitektur Sistem	25
3.2 Perancangan <i>Hardware</i>	27
3.2.1 Perancangan Pengukur Jarak	27
3.2.2 Perancangan Sistem <i>Jammer</i> Dengan Menggunakan <i>Transmitter</i> Devo 7E dan NRF24L01	29
3.2.3 Perancangan <i>Programmable Gain Amplifier</i>	30
3.3 Perancangan <i>Software</i>	32
3.3.1 Pengukuran Jarak Sasaran	33
3.3.2 Pengaturan Besar <i>Gain</i> Daya Pancar	34
3.3.3 Instalasi <i>Firmware</i> pada <i>Transmitter</i> Devo 7E	36
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	39
4.1 Pengujian Parsial	39
4.1.1 Pengujian Jarak Jangkauan Sensor Ultrasonik HC-SR04	40
4.1.2 Pengecekan Frekuensi Radio <i>Remote Control Drone</i> Syma X5HW	41
4.1.3 Pengujian Frekuensi pada Sistem <i>Jammer</i>	43
4.1.4 Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> Tegangan	46
4.1.5 Pengujian Antena	49
4.2 Pengujian Integrasi	50
4.2.1 Pengujian Kontrol Power dengan Output Sensor Ultrasonik	51
4.2.2 Pengujian Aktivasi Sinyal Jamming dengan Kontrol PGA dari Output Arduino Uno	52
4.2.3 Pengujian Daya Tahan Baterai	54
BAB V PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	59
BIODATA PENULIS	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Berbagai macam bentuk <i>drone</i>	5
Gambar 2.2	Contoh berbagai <i>drone fix wing</i>	7
Gambar 2.3	<i>Drone</i> jenis <i>rotary wing</i>	7
Gambar 2.4	Sumber tenaga <i>drone</i>	8
Gambar 2.5	<i>Drone</i> komersial Syma X5HW	9
Gambar 2.6	Pergerakan secara tiga dimensi dengan <i>rotocraft</i> ...	10
Gambar 2.7	Sensor <i>accelerometer</i> dan <i>gyroscope</i>	11
Gambar 2.8	Spektrum pita frekuensi 2,4 GHz.....	12
Gambar 2.9	Berbagai macam <i>jammer</i> umum	14
Gambar 2.10	MGT - <i>DroneRANGER Drone Jammer Defense System</i>	15
Gambar 2.11	<i>Spectrum Analyzer</i> Rohde & Schwarz	16
Gambar 2.12	Mikrokontroler Arduino Uno	18
Gambar 2.13	Blok diagram <i>wireless transceiver</i>	19
Gambar 2.14	Prinsip kerja dan diagram waktu sensor ultrasonik.....	20
Gambar 2.15	Rangkaian <i>programmable gain amplifier</i>	21
Gambar 3.1	Arsitektur sistem dengan kendali daya pancar	26
Gambar 3.2	Perancangan pengukur jarak dan pemasangan LCD <i>Shield</i> Arduino	28
Gambar 3.3	<i>Transmitter</i> Devo 7E dengan NRF24L01	30
Gambar 3.4	<i>Programmable Gain Amplifier</i> ADL5330	31
Gambar 3.5	Perancangan <i>driver</i> tegangan	31
Gambar 3.6	Pemasangan Arduino Uno, <i>Driver</i> Tegangan, PGA dan NRF24L01	32
Gambar 3.7	<i>Flowchart</i> Arduino unutm pengaturan nilai tegangan PGA	33
Gambar 3.8	Tampilan pada komputer aplikasi <i>Deviation USBDrive Installer</i>	37
Gambar 3.9	Tampilan pada layar komputer <i>file</i> yang harus disalin dan yang jangan disalin	38
Gambar 4.1	Peralatan sistem <i>drone jammer</i> dan <i>drone</i> Syma X5HW	39
Gambar 4.2	Pengukuran sensor ultrasonik HC-SR04 dibandingkan dengan meteran manual	40
Gambar 4.3	Pengecekan frekuensi <i>transmitter drone</i>	42

Gambar 4.4	Frekuensi <i>transmitter drone</i>	42
Gambar 4.5	Pengukuran frekuensi sistem <i>drone jammer</i> menggunakan <i>spectrum analyzer</i>	43
Gambar 4.6	Frekuensi <i>transmitter</i> Devo 7E dengan NRF24L01	44
Gambar 4.7	Pengujian rangkaian <i>driver</i> tegangan	46
Gambar 4.8	Tampilan VSWR meter antenna <i>directional</i>	49
Gambar 4.9	Tampilan VSWR meter antenna <i>omnidirectional</i> ...	50
Gambar 4.10	Pengujian kontrol tegangan PGA berdasarkan data jarak sensor ultrasonik HC-SR04	51
Gambar 4.11	Pengukuran sinyal jamming yang telah dilewatkan PGA	52
Gambar 4.12	Grafik daya tahan baterai terhadap jarak sasaran ...	54

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Karakteristik sensor ultrasonik HC-SR04	27
Tabel 3.2	Koneksi pin sensor ultrasonik dan <i>push button</i> dengan Arduino Uno via LCD <i>Shield</i>	28
Tabel 4.1	Data jarak jangkauan sensor ultrasonik HC-SR04	41
Tabel 4.2	Data frekuensi dan besar power <i>transmitter drone</i> Syma X5HW	43
Tabel 4.3	Data frekuensi <i>transmitter</i> Devo 7E dengan NRF24L01	45
Tabel 4.4	Pengukuran PWM rangkaian <i>driver</i> tegangan transistor NPN 2N3904	47
Tabel 4.5	Data pengujian rangkaian <i>driver</i> tegangan	48
Tabel 4.6	Data pengujian rangkaian <i>driver</i> tegangan menggunakan transistor PNP	49
Tabel 4.7	Tegangan pada PGA berdasarkan data pengukuran HC-SR04	51
Tabel 4.8	Besar daya pancar berdasarkan kendali dari PGA ADL5330 dan sensor ultrasonik HC-SR04	53
Tabel 4.9	Daya tahan baterai terhadap jarak sasaran	54

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wahana udara seperti pesawat tanpa awak atau *drone* atau UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) yang dapat dikendalikan secara nirkabel pada jarak yang relatif jauh dengan RC (*Radio Control*) kini telah berkembang sangat pesat. *Drone* yang awalnya hanya digunakan oleh militer, kini bahkan telah digunakan oleh masyarakat awam. Penggunaan *drone* yang sangat luas oleh berbagai kalangan ini dapat menjadi potensi ancaman pada privasi hingga keamanan apabila dimanfaatkan oleh pihak-pihak yang salah. Ancaman yang dapat ditimbulkan dengan menggunakan *drone* antara lain pelanggaran privasi suatu wilayah tertentu, pengambilan gambar tanpa izin, melakukan sabotase, penyerangan, bahkan pengeboman yang mengakibatkan kerusakan atau kerugian besar.

Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan yang dapat ditimbulkan oleh *drone* adalah dengan mengacaukan atau menghalangi atau mengambil alih sinyal kendali jarak jauh RC, sehingga tidak bisa lagi digerakkan sesuai keinginan pemiliknya dan potensi ancaman mampu dinetralisir. Frekuensi yang digunakan untuk kendali RC nirkabel sangat umum yaitu pada pita frekuensi 2,4 GHz, hal ini tidak terkecuali pada *drone* yang banyak beredar di pasaran. Dengan mengetahui pita frekuensi pada *drone*, maka akan lebih mudah untuk mengacaukan atau menghalangi atau mengambil alih *drone*. Alat pengacau sinyal frekuensi tersebut adalah *drone jammer* yang bekerja pada pita frekuensi RC *drone*.

Drone jammer yang ada di pasaran umumnya memiliki daya pancar yang tetap tanpa memperhatikan jarak antara *drone* dengan alat *jamming*, sehingga masa penggunaan baterai relatif cepat habis. Dengan mengaplikasikan alat pengukur jarak pada sistem *jammer*, maka bisa diketahui jarak antara *drone* dengan peralatan. Data jarak inilah yang akan diproses oleh mikrokontroler untuk mengatur daya pancar sinyal *jamming*, sehingga baterai bisa dimanfaatkan relatif lebih lama.

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat beberapa masalah yang akan dibahas antara lain sebagai berikut :

1. Bagaimana mengukur jarak antara peralatan sistem *drone jammer* dengan *drone* sasaran.
2. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem *jamming*.
3. Bagaimana agar daya pancar sinyal *jamming* mampu mencapai jarak 4 meter.

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mampu mengukur jarak antara peralatan dengan *drone* menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04.
2. Sistem *jammer* menggunakan *transmitter* Devo 7E dan NRF24L01 untuk menghasilkan sinyal *jamming* pada frekuensi kontrol.
3. Pengarahan daya pancar yang disesuaikan dengan menggunakan *Programmable Gain Amplifier (PGA)* dan *directional antenna* sehingga daya pancar dapat diatur berdasarkan jarak hingga 4 meter.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah merancang pengembangan pengaturan daya pancar sistem *drone jammer* berdasarkan jarak sasaran dengan memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04, mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengolah data dan pengatur daya pancar sinyal *jamming*.

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Studi literatur.
Studi literatur tugas akhir ini bersumber pada jurnal-jurnal, buku referensi dan *datasheet* komponen yang digunakan.
2. Perancangan sistem *drone jammer*.
Perancangan sistem *drone jammer* meliputi penyusunan sensor ultrasonik HC-SR04, mikrokontroler Arduino Uno,

transmitter Devo 7E, NRF24L01, PGA rangkaian *driver* tegangan, ADL5330 dan *directional antenna*. Supaya dapat mendukung semua peralatan maka perlu juga dibuat suatu *board* yang menampung semua alat.

3. Perancangan perangkat lunak pada Arduino.
Perancangan perangkat lunak pada Arduino meliputi program untuk mengukur jarak antara peralatan dengan *drone* menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, pembacaan data dari sensor ultrasonik ke mikrokontroler akan diolah untuk pengaturan besar tegangan pada rangkaian *driver* tegangan ke PGA.
4. Pengujian dan perbaikan sistem.
Pengujian alat dimulai dengan menguji alat secara parsial. Selanjutnya dilaksanakan pengujian secara gabungan dari seluruh sistem terhadap *drone*. Perbaikan sistem dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dan dilanjutkan dengan uji fungsi sistem.
5. Penulisan laporan tugas akhir.
Laporan yang ditulis mengacu pada perancangan dan realisasi alat, serta hasil dari pengujian alat. Tahap penulisan dilaksanakan beriringan dengan waktu pengerjaan alat.
6. Penyusunan jurnal ilmiah POMITS.
Publikasi Ilmiah Online Mahasiswa ITS (POMITS) digunakan untuk mempublikasikan hasil dari tugas akhir. Jurnal ilmiah disusun berdasarkan *template* yang ada pada situs web POMITS.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab bagian dengan rincian :

BAB 1 PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat yang berkaitan dengan pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.

BAB 2 TEORI PENUNJANG

Pada bab ini dikemukakan berbagai macam dasar teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas, antara lain meliputi teori tentang pengenalan *drone*,

jammer, sensor ultrasonik, mikrokontroler Arduino, frekuensi spektrum, *spectrum analyzer*, *wireless transceiver*, *programmable gain amplifier*, serta beberapa hukum terkait penggunaan *drone* dan frekuensi di Indonesia.

BAB 3 PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT

Berisi tentang tahap-tahap perancangan sistem *drone jammer*, baik secara *hardware* dan *software*, pembuatan pengukur jarak, *driver* tegangan, serta pembuatan kontrol *gain* daya pancar.

BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini membahas mengenai pengujian dari sistem kontrol daya pancar yang telah diimplementasikan pada sistem *drone jammer*, pengukuran sensor ultrasonik, pengecekan frekuensi *drone*, pengecekan frekuensi sistem *drone jammer*, pengujian rangkaian *driver* tegangan, pengujian PGA, pengukuran nilai VSWR pada antena dan analisa data berdasarkan parameter yang ditetapkan.

BAB 5 PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh dalam Tugas Akhir ini.

1.7 Relevansi

Manfaat dari tugas akhir ini adalah mengetahui kerja sistem *drone jammer* yang dilengkapi dengan PGA ADL5330 dan sensor ultrasonik dalam upaya pengaturan daya pancar berdasarkan jarak sasaran. Hasil yang didapat diharapkan bisa menjadi salah satu referensi dalam pengembangan *jammer* dan *electronic warfare*.

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 *Drone*

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) telah disebut beragam sebagai *drone*, pesawat robot, pesawat tanpa awak, *Remotely Piloted Vehicle* (RPVs), *Remotely Piloted Aircrafts* (RPAs) dan istilah lain yang menggambarkan pesawat terbang yang berada di bawah kendali operator tanpa orang di dalamnya [1]. *Drone* dapat terbang dengan menerapkan hukum aerodinamika, bisa digunakan kembali dan mampu membawa muatan dengan berat tertentu disesuaikan dengan kemampuan *drone* itu sendiri. Awalnya *drone* digunakan oleh pihak militer saja yaitu untuk sasaran tembak (*drone target*), lalu berkembang seiring teknologi kontrol otomatis menjadikan *drone* mempunyai kegunaan seperti misi penyelamatan, pengintaian dan bahkan penyerangan. Kini *drone* tidak hanya digunakan dalam dunia militer, tetapi juga telah banyak digunakan di kalangan luas dengan model dan bentuk yang beragam disesuaikan dengan fungsi kebutuhan dan pemakainya, baik mulai dari anak sekolah hingga profesional.



Gambar 2.1 Berbagai macam bentuk *drone*

2.1.1 Fungsi Kegunaan *Drone*

Drone memiliki fungsi yang bermacam-macam tergantung kebutuhan sang pemakai. Fungsi *drone* bisa dikembangkan siapa saja, baik dari yang belajar sampai yang berkeahlian khusus, bisa juga digunakan untuk apa saja dan bagaimana pengendaliannya.

Di dunia militer, *drone* banyak dimanfaatkan untuk berbagai aktifitas intelijen seperti memonitor seluruh bagian wilayah yang sangat berbahaya, melakukan pengintaian, melaksanakan penyerangan jauh ke dalam daerah musuh serta pengembangan persenjataan militer. Dalam badan pemerintahan *drone* biasanya digunakan untuk pemetaan melalui jalur udara. *Drone* dapat juga membawa atau mengantar barang tertentu yang memiliki bobot lebih ringan dari *drone* tersebut.

Semakin berkembangnya teknologi *drone* di masa sekarang, *drone* sudah dimanfaatkan di masyarakat secara luas. *Drone* dapat difungsikan untuk misi penyelamatan pada pencari korban bencana alam, untuk bantuan kesehatan darurat, untuk fotografi atau membuat film, untuk bisnis (misalnya bisnis pengantaran barang), untuk jurnalisme, untuk penelitian, untuk alat bantu perawatan infrastruktur, dan lain sebagainya.

2.1.2 Jenis-jenis *Drone*

Secara umum jenis-jenis *drone* dibagi menurut jenis sayap, sumber tenaga penggerak, serta ukuran dan berat *drone*.

1. *Drone* berdasarkan jenis sayap. *Drone* dibagi menjadi 2 kelompok berdasarkan jenis sayapnya, yaitu *fix wing* dan *rotary wing*.
 - a. *Fix wing*. *Drone* dengan bentuk sayap tetap atau tidak bergerak menyerupai pesawat pada umumnya, memiliki daya jangkau yang lebih luas, biasanya digunakan untuk pemetaan.



Gambar 2.2 Contoh berbagai *drone fix wing*

- b. *Rotary wing*. Drone dengan sayap yang berputar atau baling-baling seperti helikopter. Baling-baling yang berputar ini yang menimbulkan gaya angkat. *Drone* jenis ini umumnya memiliki jumlah baling-baling yang lebih banyak daripada *fix wing drone*, 3 baling-baling, 4 baling-baling (*quadcopter*), 6 baling-baling (*hexacopter*), 8 baling-baling (*octacopter*).



Gambar 2.3 *Drone jenis rotary wing*



Gambar 2.4 Sumber tenaga *drone*

2. *Drone* berdasarkan sumber tenaga penggerak.
 - a. *Combution Engine*. Sumber tenaga penggerak *drone* yang memakai bahan bakar cair seperti pesawat sungguhan.
 - b. *Electric Engine*. Sumber tenaga penggerak *drone* berasal dari suplai daya baterai, yang pada umumnya baterai bertahan maksimal 2 jam untuk baterai berkapasitas besar.
 - c. *Solar Engine*. Sumber tenaga *drone* yang berasal dari cahaya matahari dengan memanfaatkan *solar cell*.
3. *Drone* berdasarkan ukuran dan berat.
 - a. *Drone Super Heavy*. *Drone* yang mempunyai bobot lebih dari 2000 Kg, salah satu contohnya adalah Global Hawk.
 - b. *Drone Heavy*. Robot udara berbobot 200-2000 Kg, contoh *drone heavy* yaitu *drone A-160*.



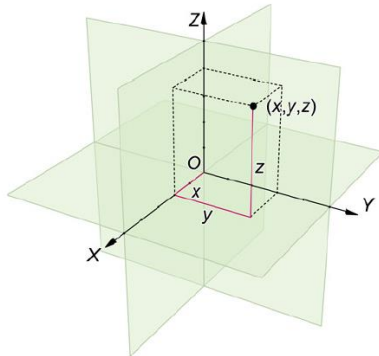
Gambar 2.5 *Drone komersial Syma X5HW*

- c. *Drone Medium.* Pesawat tanpa awak yang memiliki berat antara 50-200 Kg, *Tiger Shark* merupakan salah satu robot udara penjelajah jenis medium.
- d. *Drone Light.* *Drone* dengan bobot 5-50 Kg, salah satu contohnya yaitu UAV *Inspector 402*.
- e. *Drone Micro.* *Drone* dengan bobot kurang dari 5 Kg, *drone* ini sangat banyak dijumpai pada pasar *drone* komersial. Contoh *drone micro* yaitu Syma X5HW.

2.1.3 Cara Kerja *Drone*

Drone Multi-rotors menjaga keseimbangan dengan cara mengatur kecepatan di tiap-tiap propeler. Arah pergerakan kendali *drone* didapatkan dari mengubah sudut propeler, mirip seperti pada helikopter, namun perbedaannya yaitu sudut propeler didapat dari melambatkan sebagian rotor untuk mengubah sudut *drone* sehingga cukup membuatnya bergerak [2].

Penggunaan rotor pada *drone* memungkinkan pergerakan secara tiga dimensi seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.6.

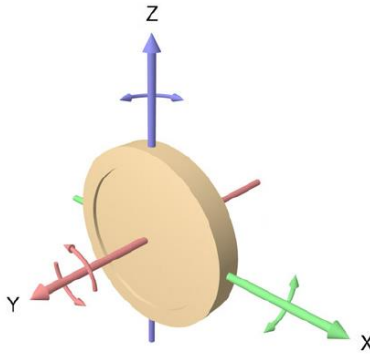


Gambar 2.6 Pergerakan secara tiga dimensi dengan *rotorcraft*

Drone multi-rotor harus dilengkapi dengan dua sensor tambahan yang diperlukan agar dapat seimbang secara tiga dimensi ketika terbang, yaitu :

- ***Accelerometer*** : sensor ini berfungsi mendeteksi pergerakan linier, yaitu bergerak lurus. Ada tiga sumbu axis pada ruang tiga dimensi : sumbu X, Y dan Z. *Accelerometer* mendeteksi dan mengukur gerakan pada sumbu axis tersebut namun tidak mampu di antaranya. Inilah yang disebut sebagai pergerakan secara linier. Pergerakan lain yang tidak linier akan membingungkan *accelerometer*.
- ***Gyroscope*** : sensor ini dirancang untuk mendeteksi gerakan berputar, yaitu gerakan berputar pada suatu garis atau titik sumbu X, Y dan Z. Ketika *accelerometer* mengukur pergerakan sepanjang sumbu, sedangkan *gyroscope* mengukur gerakan pada seputaran sumbu tersebut.

Gerakan tiga dimensi yang dideteksi oleh *accelerometer* dan *gyroscope* ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Sensor *accelerometer* dan *gyroscope*

Untuk mengendalikan *drone* dengan jarak yang jauh, maka dibutuhkan komunikasi antara pengendali dengan *drone* secara nirkabel. Gelombang radio merupakan bentuk gelombang yang tidak terlihat pada spektrum elektromagnetik. Gelombang radio memiliki satuan Hertz (Hz). Agar komunikasi radio dapat berhasil, diperlukan *transmitter* untuk mengirim pesan dan *receiver* untuk menerima pesan. Secara umum, dengan cara inilah komunikasi nirkabel antara *drone* dengan pengendali dapat dilaksanakan dan lebih tepatnya frekuensi pada *transmitter* dan *receiver* harus diatur pada frekuensi yang sama.

Komunikasi yang menggunakan frekuensi rendah akan mempunyai jarak jangkauan yang lebih jauh dengan power yang lebih kecil dibandingkan alat dengan frekuensi yang lebih tinggi. Frekuensi yang lebih rendah juga mempunyai kemampuan lebih jauh untuk menjangkau pada objek dengan tingkat kerapatan yang relatif lebih rapat yang menjadi salah satu alasan frekuensi ini digunakan pada pengendalian jauh *drone*. Namun frekuensi yang lebih rendah juga harus menggunakan *antenna* yang lebih besar untuk menerima frekuensi tersebut. Pengendali jauh *drone* pada umumnya menggunakan frekuensi transmisi 900 MHz, frekuensi yang lebih tinggi yaitu pada rentang 2,4 GHz didominasi untuk *Wi-Fi*.

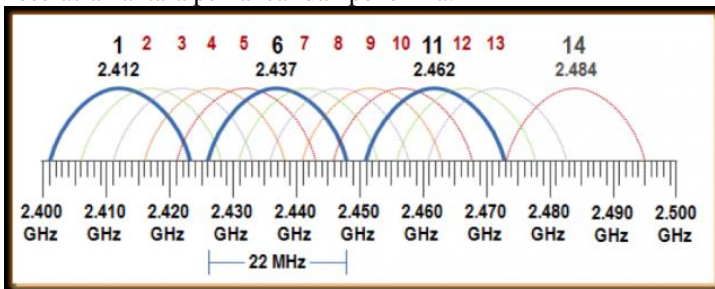
Komunikasi yang digunakan *drone* pada pita frekuensi 2,4 GHz mempunyai keuntungan dan kerugian tersendiri.

Keuntungan dari pemakaian frekuensi 2,4 GHz adalah memiliki toleransi pemakaian dan gangguan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan frekuensi 5,8 GHz, sesuai untuk pemakaian beberapa perangkat yang membutuhkan *Wi-Fi* standar seperti untuk pemakaian *Wi-Fi* pada ponsel, laptop, dan kamera. Anda juga tidak membutuhkan lisensi untuk memakai frekuensi ini jadi lebih hemat dan mudah. Sementara itu kerugian dari pemakaian frekuensi 2,4 GHz adalah jumlah *channel* yang lebih kecil hanya tiga saja, frekuensi ini lebih banyak gangguan dan pemakai yang lebih banyak [3].

2.2 Spektrum Frekuensi Radio

Gelombang radio adalah gelombang elektromagnetik yang disebarkan melalui antena. Gelombang radio memiliki frekuensi yang berbeda-beda sehingga memerlukan pengaturan frekuensi tertentu yang cocok pada penerima radio (*receiver*) untuk mendapatkan sinyal tersebut. *Radio Frequency* (RF) berkisar antara 3 KHz sampai 300 GHz [4].

Spektrum frekuensi radio adalah susunan pita frekuensi radio yang mempunyai frekuensi lebih kecil dari 3000 GHz sebagai satuan getaran gelombang elektromagnetik yang merambat dan terdapat dalam dirgantara (ruang udara dan antariksa). Pengalokasian spektrum frekuensi radio di Indonesia mengacu kepada alokasi frekuensi radio internasional untuk region 3 sesuai dengan peraturan radio yang ditetapkan oleh *Internasional Telecommunication Union* (ITU) atau himpunan telekomunikasi internasional. Penempatan spektrum frekuensi radio bertujuan untuk menghindari terjadinya gangguan (*interference*) dan untuk menetapkan *protocol* demi keserasian antara pemancar dan penerima.



Gambar 2.8 Spektrum pita frekuensi 2,4 GHz

2.3 *Jammer*

Sebuah *radio jammer* adalah perangkat yang sengaja memblokir atau mengganggu komunikasi nirkabel yang ada. Di beberapa negara, alat *jammer* adalah ilegal dan penggunaannya bisa mengakibatkan denda yang besar.

Dalam beberapa kasus, *jammer* bekerja dengan transmisi sinyal radio yang mengganggu komunikasi dengan mengurangi *signal-to-noise ratio*. Prinsip kerja dari rangkaian *jammer* adalah memancarkan sinyal frekuensi yang sama dengan frekuensi yang akan diganggu, menggunakan tipe modulasi yang sama dengan *power* pancaran yang lebih besar sehingga sinyal frekuensi tersebut tidak dapat digunakan oleh penerima komunikasi pada jalur frekuensi tersebut [5].

Konsepnya bisa digunakan di jaringan data nirkabel untuk mengganggu arus informasi. Ini adalah bentuk umum di negara-negara totaliter, untuk mencegah stasiun radio asing di daerah perbatasan mencapai negara tersebut.

Jamming biasanya dibedakan dari gangguan yang dapat terjadi akibat kerusakan perangkat atau keadaan tidak disengaja lainnya. Perangkat yang hanya menyebabkan gangguan diatur dalam peraturan yang berbeda. Tidak sengaja mengakibatkan pemutusan jaringan data terjadi saat operator mentransmisikan frekuensi sibuk tanpa terlebih dahulu memeriksa apakah sedang digunakan, atau tanpa dapat mendengar stasiun yang menggunakan frekuensi yang sama tersebut. Bentuk lain dari *jamming* yang tidak disengaja terjadi ketika peralatan secara tidak sengaja memancarkan sinyal, seperti pabrik televisi kabel yang secara tidak sengaja memancarkan pada frekuensi darurat pesawat terbang.

Saat ini ada beberapa macam *jammer*, dilihat dari frekuensi yang digunakan ataupun tujuan pengacauan sinyal frekuensi yang lainnya. Beberapa macam *jammer* antara lain :

- a. *Handphone Jammer*, bertujuan untuk mengganggu sinyal frekuensi telepon genggam sehingga pada radius tertentu telepon genggam tidak dapat digunakan.
- b. *Wi-Fi Jammer*, memotong hubungan pada frekuensi wifi ataupun membuat suatu titik *Wi-Fi* tidak dapat digunakan baik karena tidak bisa diakses atau titik pada *Wi-Fi* tersebut mengalami kemacetan yang diakibatkan banyaknya perintah yang masuk ke titik *Wi-Fi* tersebut.

- c. *Drone Jammer*, digunakan untuk mengganggu frekuensi kendali RC *drone* sehingga *drone* tidak dapat melakukan tugas dari pemiliknya.

2.3.1 Kegunaan *Jammer*

Jammer sangat dibutuhkan terutama untuk lokasi sensitif seperti satuan militer, pusat pemerintahan, daerah terlarang, terbatas dan tertutup, serta daerah dengan tingkat keamanan tertentu yang tidak semua hal bisa diijinkan untuk dikerjakan atau bebas.

Drone juga sering menimbulkan masalah privasi, karena sebagian besar *drone* dilengkapi dengan kamera berkualitas tinggi yang dapat memotret orang dan informasi pribadi. *Drone* juga dapat digunakan untuk menyelundupkan obat-obatan terlarang, menabrak bangunan, menjatuhkan bom, menembakkan senjata. Oleh karena itu perlu sebuah *jammer* yang dapat memblokir sinyal *remote control drone* untuk melindungi privasi dan ruang pribadi daerah tertentu [6].



Gambar 2.9 Berbagai macam *jammer* umum

Drone jammer yang merupakan pengacau sinyal frekuensi kendali *drone* juga diperlukan sebagai perangkat keamanan di fasilitas penyimpanan minyak dan gas, patrol perbatasan, daerah perang, bandara, ataupun tempat-tempat yang melarang adanya *drone* atau benda udara tanpa ijin khusus.

2.3.2 Jenis-jenis *Drone Jammer*

Drone jammer secara umum dapat dibagi menjadi 2, yaitu *jammer* untuk *drone* sipil (*civilian drone jammer*) dan *jammer* untuk *drone* militer (*military drone jammer*).

- a. *Civilian drone jammer* adalah *jammer* sederhana yang dirancang untuk mencegah masuknya *drone* sipil yang tak diinginkan di area tertentu. *Jammer* ini menghalangi GPS, komunikasi seluler dan/atau Wi-Fi di suatu daerah tertentu. Penggunaan *jammer* ini perlu ijin yang sangat ketat sehingga tidak semua orang bisa menggunakannya atau bahkan di negara-negara tertentu dilarang.
- b. *Military drone jammer* adalah *jammer* khusus yang dibuat untuk mengacaukan sinyal komunikasi *drone militer*. Dalam hal ini *jammer* didesain lebih kompleks untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam situasi pertahanan keamanan negara maupun perang. Beberapa contoh dari *military drone jammer* yaitu : *Drone Guard* buatan BATS Belgia, *Drone jammer Model 110 Series* buatan HSS Development, *UAV Drone Jammer CPB-4030C* buatan *Clear Sky* dan *DroneRANGER Drone Jammer Defense System* buatan MGT Europe.



Gambar 2.10 MGT - *DroneRANGER Drone Jammer Defense System*

2.4 *Spectrum Analyzer*

Spectrum analyzer adalah alat yang digunakan untuk menganalisis spektrum gelombang radio. Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk grafis pada layar *display* mirip seperti osiloskop. *Spektrum analyzer* biasa digunakan untuk mengukur modulasi, distorsi, tingkat kebisingan, besar *bandwidth*, mengetahui proporsi amplitudo gelombang pembawa (*carrier*) terhadap gelombang anakannya dan lain sebagainya. Alat ini sangat bermanfaat dalam pengujian pengkat radio komunikasi terutama pemancar radio [7].

Untuk mengetahui secara pasti frekuensi yang dipakai oleh suatu pemancar (*transmitter*), maka dapat digunakan *spectrum analyzer* dengan cara menghubungkan bagian pemancar sebelum dipancarkan melalui antenanya ataupun menyambungkan ujung antena yang umumnya berupa kawat ke bagian pengukur pada *spectrum analyzer*. Terdapat juga *spectrum analyzer* yang mampu mengukur gelombang elektromagnetik secara nirkabel.

Spectrum analyzer dapat digunakan untuk mengukur karakteristik pancaran spektrum baik sinyal dikenal maupun tidak dikenal. Sinyal input *spectrum analyzer* adalah listrik, namun, bisa juga menggunakan input komposisi spektral sinyal lain, seperti gelombang tekanan akustik dan gelombang cahaya optik, tentunya dengan penggunaan transduser yang tepat.

Tampilan *spectrum analyzer* umumnya menunjukkan frekuensi pada sumbu horizontal dan amplitudo ditampilkan pada sumbu vertikal. *Spectrum analyzer* terkadang ada yang bisa digunakan sebagai osiloskop.



Gambar 2.11 *Spectrum Analyzer Rohde & Schwarz*

2.5 Mikrokontroler

Sebuah mikrokontroler (atau MCU untuk unit mikrokontroler) adalah komputer kecil pada satu sirkuit terpadu. Dalam terminologi modern, ini adalah sistem pada sebuah *chip* atau SoC. Sebuah mikrokontroler berisi satu atau lebih CPU (inti prosesor) beserta memori dan perangkat input / output yang dapat diprogram. Memori program berupa RAM Feroelektrik, NOR *flash* atau OTP ROM juga sering disertakan pada *chip*, serta sejumlah kecil RAM. Mikrokontroler dirancang untuk aplikasi *embedded*, berbeda dengan mikroprosesor yang digunakan pada komputer pribadi atau aplikasi tujuan umum lainnya yang terdiri dari berbagai *chip* diskrit.

Mikrokontroler digunakan pada produk dan perangkat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin mobil, perangkat medis implan, *remote control*, mesin kantor, peralatan perkakas listrik, mainan dan sistem *embedded* lainnya. Dengan mengurangi ukuran dan biaya dibandingkan dengan desain yang menggunakan perangkat mikroprosesor, memori, dan input / output terpisah, mikrokontroler membuatnya lebih ekonomis untuk mengendalikan lebih banyak perangkat dan proses digital. Mikrokontroler sinyal campuran umum terjadi, mengintegrasikan komponen analog yang diperlukan untuk mengendalikan sistem elektronik non-digital [8].

Mikrokontroler yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah Arduino Uno. Arduino merupakan suatu *platform* elektronik yang *open-source* dengan dasar mudah digunakan untuk mengakses perangkat keras maupun perangkat lunaknya. Arduino mampu membaca input (cahaya pada sensor, tombol, ataupun pesan dari twitter) yang kemudian diubah menjadi output seperti menjalankan motor, menyalakan LED, atau menyebarkan sesuatu secara *online*. Kita dapat memerintahkan Arduino untuk melaksanakan sesuatu dengan cara mengirim serangkaian instruksi pada mikrokontroler yang ada pada Arduino. Supaya dapat melakukan hal tersebut, kita harus menggunakan Bahasa pemrograman Arduino.

Arduino telah menjadi inspirasi banyak proyek, dari obyek sehari-hari hingga instrumen yang kompleks. Dengan pengguna dan pembuat yang dari berbagai kalangan (pelajar, *programmer*, seniman, dan profesional) menjadi kontribusi yang sangat besar untuk

membantu pengerjaan proyek untuk yang masih pemula hingga yang sudah ahli.



Gambar 2.12 Mikrokontroler Arduino Uno

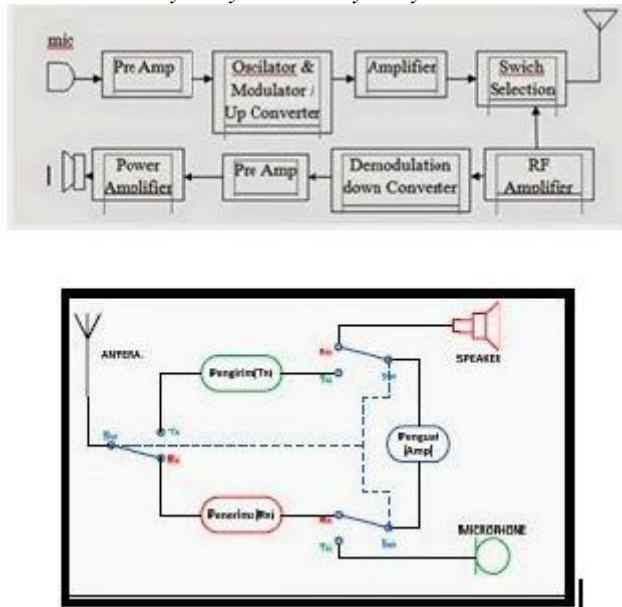
Arduino pertama kali dibuat di Ivrea Interaction Design Institute sebagai sebuah alat bantu untuk membuat rancangan awal yang cepat, yang ditujukan pada pelajar yang tidak memiliki dasar elektronik dan pemrograman. Setelah itu dalam waktu yang singkat, Arduino mulai berubah untuk beradaptasi ke berbagai kebutuhan dan tantangan yang baru, berkembang dari 8-bit yang sederhana menjadi produk aplikasi untuk *Internet of Things* (IoT), bisa digunakan untuk berbagai macam aplikasi lain, printer 3-dimensi, serta sistem tertanam (*embedded system*). Semua Arduino merupakan *open-source*, sehingga sangat mendukung penggunaannya untuk membangunnya secara independen dan bahkan mengadaptasinya untuk kebutuhan yang umum. Perangkat lunaknya juga *open-source*, sehingga sangat mudah berkembang dengan adanya kontribusi dari penggunaannya di seluruh dunia [9].

2.6 *Wireless Transceiver*

Transceiver adalah suatu devais yang berisi pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). *Transceiver* menggabungkan kemampuan transmisi dan resepsi pada circuit yang telah dibuat untuk bisa digunakan sebagai keduanya baik *transmitter* ataupun *receiver* [10].

Transceiver dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu *full-duplex* dan *half-duplex*. Pada *full-duplex transceiver*, devais dapat mengirim dan menerima pesan atau sinyal pada waktu yang bersamaan. Pada *transceiver half-duplex*, devais mengirimkan dan menerima sinyal

secara bergantian, tidak bisa bersamaan. Contoh dari half-duplex transceiver adalah *walky talky* atau *handy talky*.



Gambar 2.13 Blok diagram *wireless transceiver*

Wireless transceiver adalah suatu alat yang dapat mengirim dan menerima data secara nirkabel. Salah satu contoh dari sebuah *wireless transceiver* adalah telepom genggam, yang dapat mengirim dan menerima data, berbeda dengan radio yang hanya dapat menerima sinyal.

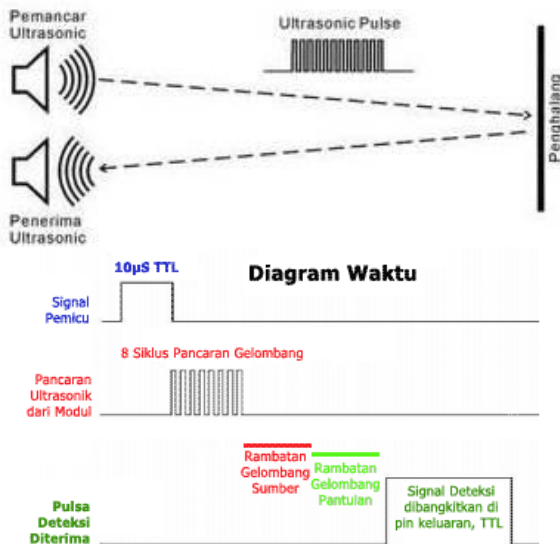
2.7 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang bekerja dengan cara memancarkan suatu gelombang suara kemudian menghitung waktu pantulan gelombang tersebut. Secara matematis gelombang ultrasonik dapat dirumuskan sebagai :

$$s = \frac{v \cdot t}{2} \quad (2.1)$$

S adalah jarak dalam meter, v adalah kecepatan suara yaitu 344 m/detik, dan t adalah waktu tempuh dalam satuan detik [11].

Gelombang ultrasonik umumnya bekerja pada frekuensi 20 KHz – 20 MHz. Prinsip kerja dasar dari ultrasonik yaitu ketika devais mendapat *trigger* 10 us *high level signal*, maka modul akan mengirim delapan 40 KHz *signal* kemudian mendeteksi ada tidaknya sinyal pantulan. Apabila terdeteksi adanya sinyal pantulan pada *high level signal* yang dikirimkan tadi maka waktu aktif tersebut merupakan durasi waktu antara pengiriman hingga penerimaan sinyal ultrasonik. Ketika gelombang ultrasonik menumbuk suatu obyek maka sebagian gelombang tersebut akan dipantulkan, sebagian diserap, dan sebagian lainnya akan diteruskan. Suatu benda tidak terdeteksi oleh sensor ultrasonik dapat disebabkan karena bentuknya yang sedemikian rupa sehingga gembang suara yang memantul tidak kembali ditangkap oleh sensor, tetapi memantul ke arah lain. Kemungkinan lain yaitu permukaan benda terlalu kecil untuk memantulkan gelombang ultrasonik yang cukup untuk diproses oleh sensor dan ada juga benda yang mampu menyerap gelombang suara (kain, karpet, dan lain sebagainya).



Gambar 2.14 Prinsip kerja dan diagram waktu sensor ultrasonik

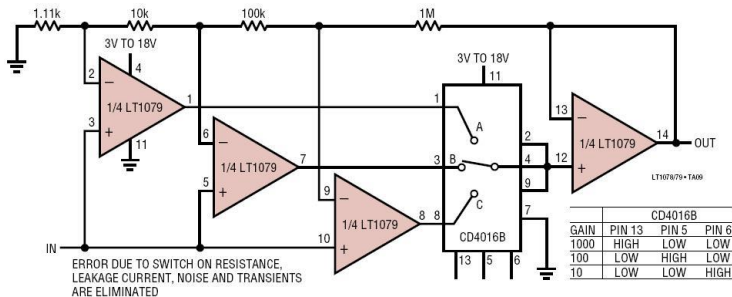
2.8 Programmable Gain Amplifier

Programmable gain amplifier (PGA) adalah *amplifier* elektronik yang merupakan salah satu jenis op-amp dengan penguatannya dapat diatur oleh sinyal eksternal baik analog ataupun digital.

Umumnya penguatan (*gain*) dapat diatur mulai dari di bawah 1 Volt/V sampai lebih dari 100 Volt/V. Pengaplikasian pada komponen ini sering digunakan untuk kendali motor, serta pengkondisi sinyal dan sensor, serta pembaca *bar-code* dan kamera digital. PGA juga dapat digunakan untuk aplikasi ADC driver, aplikasi analog multiplexing, akuisisi data, instrumentasi industri, peralatan uji dan instrumentasi medis.

Ada beberapa jenis PGA, jenis yang paling umum dikategorikan oleh tegangan suplai maksimum, jumlah saluran (*channel*), laju perubahan tegangan nominal (*slew rate*), tegangan *offset* masukan maksimum, *gain*, *bandwidth gain* nominal dan jenis kemasan.

Ukuran yang paling umum untuk tegangan suplai maksimum adalah 5,5 V dan 36 V. Tegangan *offset* masukan maksimum bisa setinggi 12 mV, dengan ukuran paling umum adalah 4,5 mV [12].



Gambar 2.15 Rangkaian *programmable gain amplifier*

2.9 Hukum Penggunaan Drone di Indonesia

Perihal penggunaan *drone* secara khusus telah diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 180 Tahun 2015 tentang Pengendalian Pengoperasian Sistem Pesawat Udara Tanpa Awak di Ruang Udara yang Dilayani Indonesia [13].

2.9.1 Ketentuan Umum Pengoperasian Drone

- a. Sistem pesawat udara tanpa awak digunakan oleh seseorang, sekelompok orang (komunitas hobi), organisasi, instansi swasta atau instansi pemerintah.
- b. Sebuah sistem pesawat udara tanpa awak tidak boleh dioperasikan pada kawasan sebagai berikut :
 1. Kawasan udara terlarang (*prohibited area*).
 2. Kawasan udara terbatas (*restricted area*).
 3. Kawasan keselamatan operasi penerbangan (KKOP) suatu bandar udara.
- c. Sebuah sistem pesawat udara tanpa awak tidak boleh dioperasikan pada ruang udara yang dilayani yaitu :
 1. *Controlled Air Space*.
 2. *Uncontrolled Air Space* pada ketinggian lebih dari 500 feet (150 meter) *above ground level* (AGL).
- d. Kawasan sebagaimana dimaksud dalam butir 2.a dan 2.b adalah kawasan yang dipublikasikan di dalam *Aeronautical Information Publication* (AIP) Indonesia *volume 1 General & Enroute*.
- e. Kawasan sebagaimana dimaksud dalam butir 2.c adalah kawasan dengan batas horizontal dan vertikal sebagaimana diatur dalam Peraturan Perundang-Undangan mengenai penyusunan kawasan keselamatan operasi penerbangan di bandar udara dan sekitarnya, yang digambarkan sebagaimana tercantum dalam lampiran II peraturan ini.
- f. Ruang udara sebagaimana yang dimaksud dalam butir 3.a (*Controlled Air Space*) adalah ruang udara yang dipublikasikan di dalam AIP Indonesia *volume 1 General & Enroute*.
- g. Ruang udara sebagaimana yang dimaksud pada butir 3.b (*Uncontrolled Air Space*) adalah ruang udara di luar Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) dari suatu bandar udara dengan status pelayanan *Aerodrome Flight Information Service* (AFIS).

2.9.2 Ketentuan Tambahan Drone Berdasarkan Peralatan yang Dibawanya.

- a. Sistem pesawat udara tanpa awak dengan kamera dilarang beroperasi pada jarak kurang dari 500 meter dari batas

terluar suatu kawasan udara terlarang (*Prohibited Area*) atau kawasan udara terbatas (*Restricted Area*).

- b. Dalam hal sistem pesawat udara tanpa awak digunakan untuk kepentingan pemotretan, perfilman atau pemetaan, operator harus melampirkan surat izin dari institusi / pihak yang berwenang sesuai ketentuan peraturan atau perundang-undangan yang berlaku.
- c. Sistem pesawat udara tanpa awak dengan peralatan pertanian (penyemprot hama dan/atau penabur benih) hanya diperbolehkan beroperasi pada area pertanian / perkebunan yang dijelaskan dalam pengajuan rencana penerbangan.
- d. Kegiatan penyemprotan hama dan/atau penaburan benih dengan menggunakan sistem pesawat udara tanpa awak diizinkan apabila dalam radius 500 meter dari batas terluar area pertanian/perkebunan dimaksud tidak ada pemukiman penduduk.
- e. Penggunaan sistem pesawat udara tanpa awak untuk kepentingan tertentu seperti patrol batas wilayah negara, patrol wilayah laut negara, pengamatan cuaca, pengamatan aktifitas hewan dan tumbuhan di taman nasional, survei, pemotretan, perfilman dan pemetaan yang bersifat rutin dan terjadwal dengan lingkup penerbangan tertentu (area tertentu) harus selalu menyampaikan rencana penerbangannya setiap akan terbang.

2.10 Hukum berkaitan dengan frekuensi dan pemanfaatannya

Penggunaan frekuensi tertentu telah diatur dalam Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2015 tentang Ketentuan Operasional dan Tata Cara Perizinan Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio [14].

Permenkominfo Nomor 4 Tahun 2015 mengatur bahwa setiap penggunaan spektrum frekuensi radio wajib berdasarkan izin penggunaan spektrum frekuensi radio. Izin penggunaan spektrum frekuensi radio ini harus sesuai dengan peruntukan spektrum frekuensi radio dan tidak saling mengganggu. Peruntukan spektrum frekuensi radio ditetapkan dalam tabel alokasi spektrum frekuensi radio Indonesia.

Jika ada pihak melakukan pelanggaran dengan menggunakan spektrum frekuensi radio tanpa memiliki izin, atau penggunaannya tidak sesuai dengan peruntukannya dan mengganggu pihak lain, maka dapat dipidana dengan penjara paling lama 4 (empat) tahun dan atau denda paling banyak Rp 400.000.000,00 (empat ratus juta Rupiah). Bahkan jika sampai mengakibatkan matinya seseorang, dapat dipidana dengan penjara 15 (lima belas) tahun.

BAB III

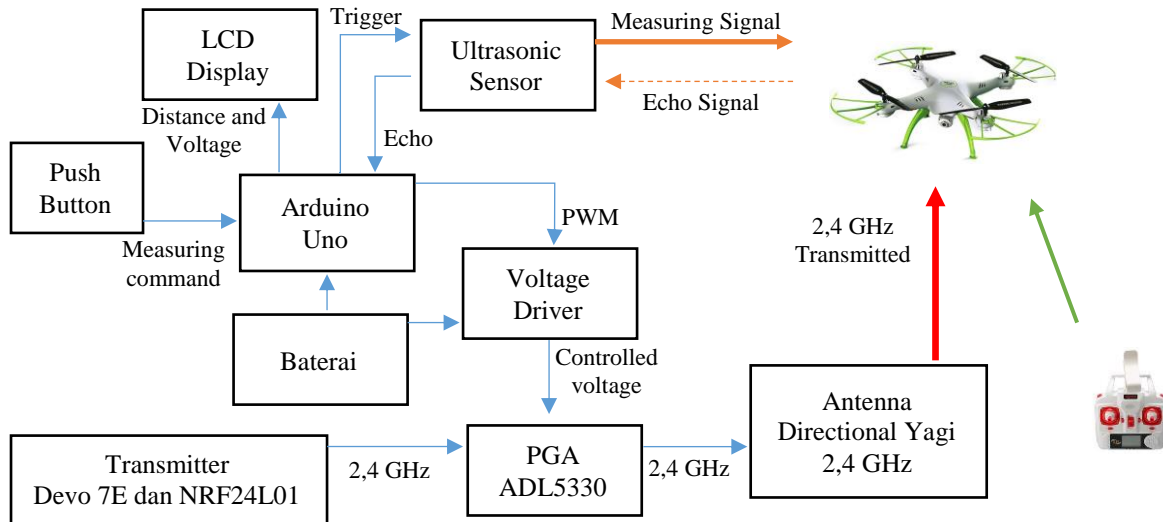
PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT

Pada bab ini akan dijelaskan perancangan sistem dan realisasi alat mulai dari arsitektur sistem, perancangan perangkat keras (*hardware*), serta perancangan perangkat lunak (*software*).

3.1 Arsitektur Sistem

Sistem yang dijabarkan merupakan penjelasan dari rancangan sistem *drone jammer* dengan pengendalian daya pancar berdasarkan jarak sasaran. Perancangan ini bertujuan untuk mengendalikan daya pancar sistem *drone jammer* sehingga baterai bisa dipakai lebih lama.

Ketika tombol pengukuran ditekan, maka mikrokontroler Arduino Uno akan memberikan perintah kepada sensor ultrasonik untuk melakukan pengukuran jarak antara alat dengan sasaran. Data jarak yang didapatkan tersebut akan diproses oleh Arduino dan diolah sebagai data besar tegangan yang akan diberikan kepada *Programmable Gain Amplifier* (PGA) ADL 5330 melalui sebuah rangkaian *driver* tegangan. Sinyal frekuensi pengganggu atau *jammer* akan dibuat oleh *transmitter* Devo 7E dengan *wireless transceiver* NRF24L01 yang akan mentransmisikan sinyal di pita frekuensi 2,4 GHz. Kemudian sebelum ditransmisikan akan dilewatkan ke PGA. PGA akan memancarkan frekuensi dari NRF24L01 dengan besar daya pancar yang disesuaikan tegangannya dari data yang sudah diproses oleh Arduino tadi, sehingga daya pancarnya bisa diatur sesuai dengan jarak yang didapat. *Drone* yang sudah menerima frekuensi yang sama dari alat *drone jammer* akan tidak dapat dikendalikan dengan baik dari RC aslinya karena frekuensi komunikasinya telah terganggu.



Gambar 3.1 Arsitektur sistem dengan kendali daya pancar

3.2 Perancangan *Hardware*

Perancangan *hardware* sistem merupakan penyusunan dari sistem *drone jammer* dengan kontrol daya pancar yang dapat diubah berdasarkan jarak sasaran dengan memanfaatkan sensor ultrasonik sebagai pengukur jarak dan PGA sebagai pengatur daya pancarnya.

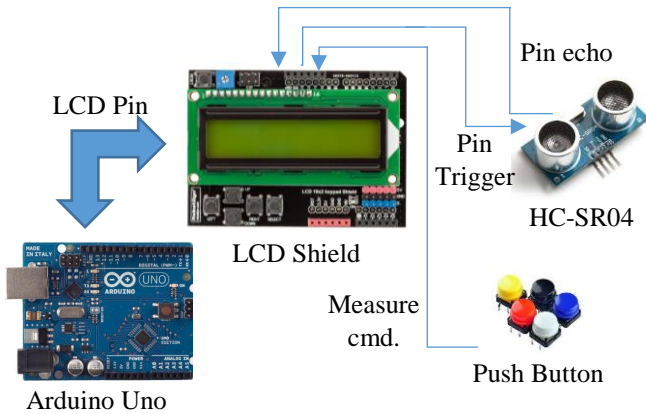
3.2.1 Perancangan Pengukur Jarak

Perancangan pengukuran jarak memakai komponen utama sensor ultrasonic. Modul ultrasonik yang digunakan adalah HC-SR04 yang mempunyai kemampuan pendeteksian 2 – 400 cm dengan fungsi pengukuran *non-contact* dan tingkat akurasi 3 mm. Tabel 3.1 menunjukkan karakteristik elktirik yang dimiliki sensor ultrasonik HC-SR04.

Tabel 3.1 Karakteristik pada sensor ultrasonik HC-SR04

<i>Working Voltage</i>	DC 5 Volt
<i>Working Current</i>	15 mA
<i>Working Frequency</i>	40 KHz
<i>Max Range</i>	4 meter
<i>Min Range</i>	2 centimeter
<i>Measuring Angle</i>	15 <i>degree</i>
<i>Trigger Input Signal</i>	10 μ s TTL <i>pulse</i>
<i>Echo Output Signal</i>	Input TTL <i>lever signal and the range in proportion</i>

Sensor ultrasonik dihubungkan dengan Arduino Uno dan dibuat tombol yang akan mengaktifkan sensor untuk mengukur jarak yang kemudian ditampilkan pada LCD yang terhubung dengan Arduino Uno. LCD yang digunakan adalah LCD *Shield* yang menutupi semua pin Arduino Uno, tetapi pin-pin tertentu pada Arduino Uno masih dapat digunakan. LCD *Shield* ini juga tetap memberikan akses untuk suplai 5 volt, 3,3 volt serta *Ground*. Pada gambar 3.2 ditunjukkan perancangan pengukur jarak menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan pemasangan LCD *Shield* Arduino ke Arduino Uno, serta koneksi *push button*.



Gambar 3.2 Perancangan pengukur jarak dan pemasangan LCD Shield Arduino

Tabel 3.2 Koneksi pin sensor ultrasonik dan *push button* dengan Arduino Uno via LCD Shield

Pin HC-SR04	Pin Arduino Uno
Vcc	5 volt
Trigger	D 12
Echo	D 13
GND	GND
Pin Push Button	
Pin aktif	D 11
GND	GND
Pin LCD	
RS	D 8
Enable	D 9
D4	D 4
D5	D 5
D6	D 6
D7	D 7
GND	GND

Pada tabel 3.2 ditunjukkan pin –pin yang digunakan pada sensor ultrasonik HC-SR04 yang dihubungkan ke Arduino Uno via LCD shield. Begitu juga dengan pin yang digunakan untuk push button, pin yang digunakan dihubungkan ke Arduino Uno

melalui LCD *shield*. Untuk dapat mengaktifkan LCD *shield* maka juga diperlukan pendefinisian untuk pin – pin yang digunakan Arduino Uno sehingga dapat tertampil pada LCD.

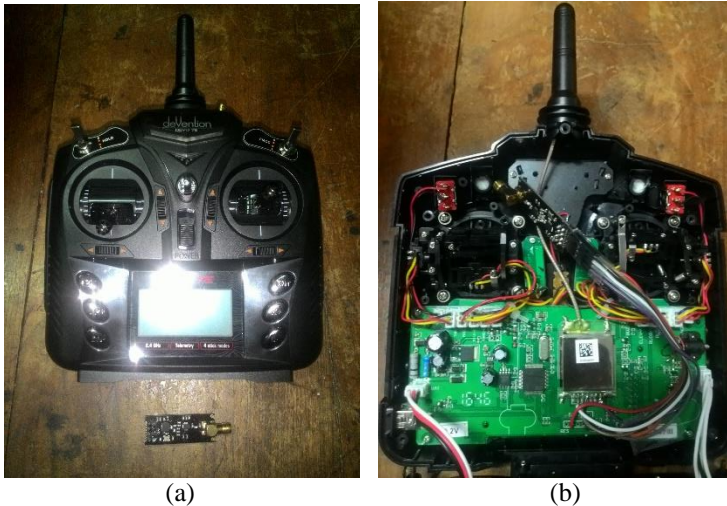
3.2.2 Perancangan Sistem Drone Jammer Dengan Menggunakan Transmitter Devo 7E dan NRF24L01

Transmitter Devo 7E yang merupakan RC memiliki *firmware* yang bisa diubah dan dihubungkan dengan modul *wireless transceiver*. Dengan melakukan penggabungan *transmitter* Devo 7E dan *wireless transceiver* ini diharapkan sistem pengganggu frekuensi atau *jammer* bisa diterapkan untuk mengacaukan kendali RC *drone* lain pada pita frekuensi 2,4 GHz.

Salah satu *wireless transceiver* dengan pita frekuensi 2,4 GHz yang banyak di pasaran adalah NRF24L01. Modul ini memiliki perangkat *protocol baseband* yang sudah tertanam, sangat cocok untuk aplikasi nirkabel dengan power yang sangat rendah. Modul ini dapat digunakan secara umum dengan pita frekuensi ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) pada 2,4 - 2,4835 GHz. Pemakaian NRF24L01 ini karena banyak dasar *receiver* pada *drone* yang mengadopsi sistem pada NRF24L01, sehingga sangat cocok untuk melakukan pengganggu menggunakan *transmitter* Devo 7E yang mudah dimodifikasi dengan NRF24L01 ini.

Untuk membuatnya menjadi sebuah sistem radio maka NRF24L01 ini harus dihubungkan dengan mikrokontroler dan beberapa komponen pasif. Kombinasi *data rate* yang tinggi 2 Mbps membuat modul ini sangat cocok untuk desain power yang sangat rendah, sehingga membuatnya mampu menyesuaikan dengan modul-modul sejenis [15].

NRF24L01 mampu berintegrasi dengan baik sebagai 2,4 GHz RF *transceiver*, RF *Synthesizer*, dan *baseband logic* termasuk *Enhanced ShockBurst™ hardware protocol accelerator* yang mendukung antarmuka *high-speed SPI* untuk pengendali aplikasi. Kita dapat menambahkannya dengan mudah pada MCU, ARM, PIC, AVR ataupun sistem STM32.



Gambar 3.3 *Transmitter Devo 7E dengan NRF24L01*

Gambar 3.3 adalah *transmitter* Devo 7E dan modul *wireless transceiver* NRF24L01. Gambar 3.3(a) adalah gambar *transmitter* Devo 7E dan *wireless transceiver* NRF24L01 yang belum digabungkan. Gambar 3.3(b) adalah tampilan yang diambil dari rangkaian yang ada di dalam *transmitter* Devo 7E yang telah dihubungkan dengan NRF24L01. Pin-pin NRF24L01 dihubungkan ke pin-pin yang ada sesuai dengan tutorial pemasangan yang dibuat di *website* Deviation TX.

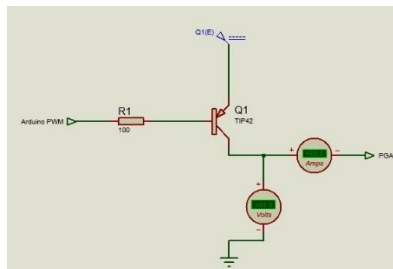
3.2.3 Perancangan *Programmable Gain Amplifier*

Programmable Gain Amplifier (PGA) yang dipakai adalah PGA ADL5330. ADL5330 merupakan PGA dengan kemampuan yang baik, biasa dipakai pada aplikasi frekuensi 10 MHz hingga 3 GHz. Dengan struktur jalur sinyal yang seimbang dapat meminimalisir distorsi serta mengurangi resiko kesalahan *feed-forward* pada penguatan rendah dan frekuensi tinggi yang disebabkan oleh *parasitic coupling*. Input yang masuk akan diubah menjadi bentuk diferensial, sehingga *gain* dapat diatur dengan baik [16].

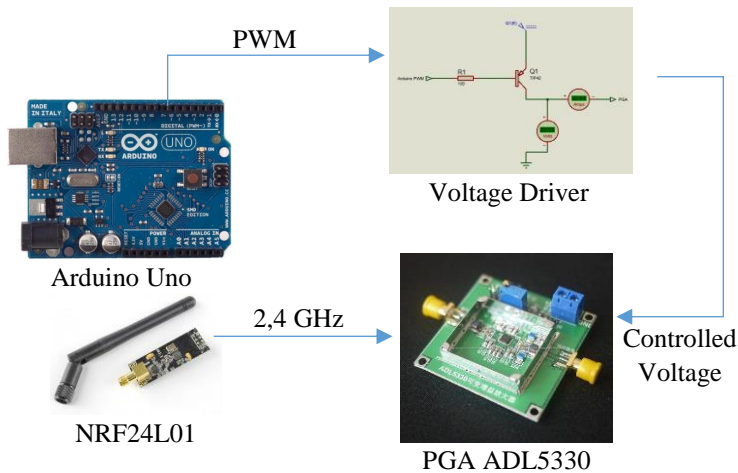


Gambar 3.4 *Programmable Gain Amplifier ADL5330*

PGA ADL5330 disambungkan oleh rangkaian *driver* tegangan yang dihubungkan dengan Arduino Uno untuk mendapatkan tegangan dan arus yang cukup untuk mengatur *amplifier* modul PGA tersebut. Pada sisi *signal input* akan dihubungkan dengan output dari *wireless transceiver* NRF24L01 dengan pita frekuensi 2,4 GHz. Sinyal yang masuk akan dilewatkan dengan gain yang bisa diatur sesuai dengan variasi tegangan dari mikrokontroler yang di-*drive* oleh rangkaian *driver*, sehingga output sinyal yang dikeluarkan mempunyai frekuensi yang sama dengan sinyal input dengan power yang telah disesuaikan. Setelah frekuensi 2,4 GHz masuk ke PGA, selanjutnya PGA akan meneruskan ke antenna pemancar Yagi.



Gambar 3.5 *Perancangan driver tegangan*

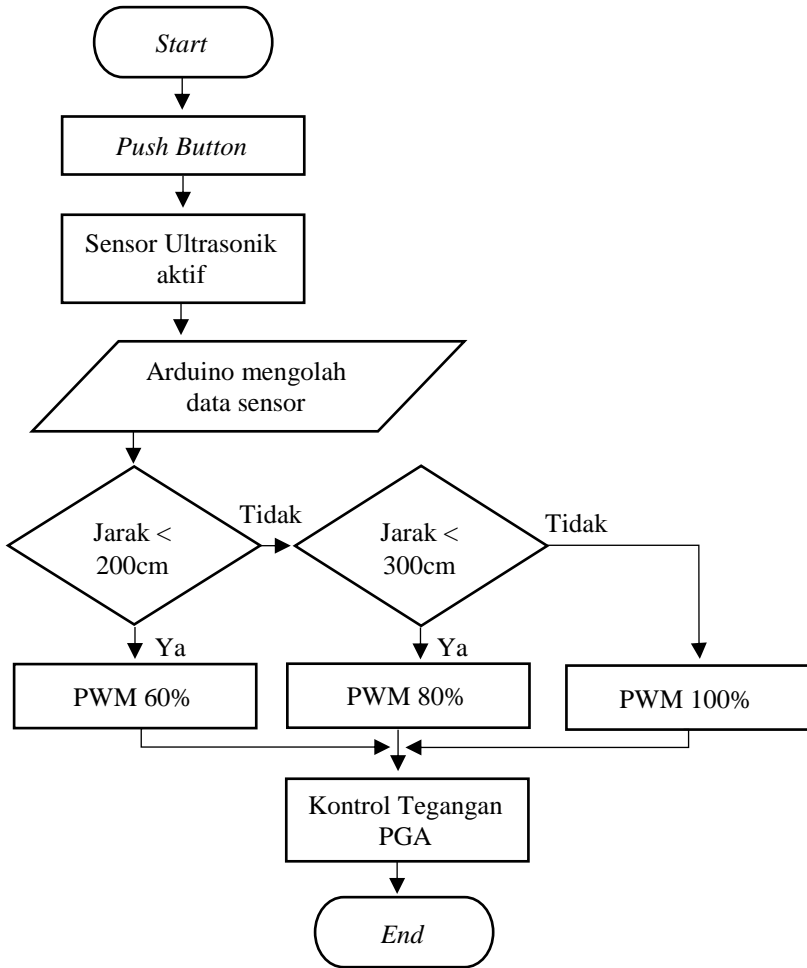


Gambar 3.6 Pemasangan Arduino Uno, Driver Tegangan, PGA dan NRF24L01

Rangkaian driver tegangan merupakan rangkaian sederhana yang berisi resistor, transistor dan kapasitor. Input rangkaian berasal dari pin PWM Arduino Uno, *power supply* rangkaian diberi tegangan 5 volt dengan arus 1 ampere, kemudian output rangkaian menuju ke PGA.

3.3 Perancangan Software

Perancangan *software* dilaksanakan supaya semua bagian sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Perancangan *software* meliputi pemrograman untuk mendapatkan data jarak dari sensor ultrasonik dan algoritma untuk mengatur besar tegangan PGA sehingga power dapat diatur berdasarkan data jarak dari sensor ultrasonik, serta instalasi *firmware* pada Devo 7E untuk mengakses NRF24L01 yang telah digabungkan.



Gambar 3.7 Flowchart Arduino untuk pengaturan nilai tegangan PGA

3.3.1 Pengukuran Jarak Sasaran

Data pengukuran jarak sasaran didapatkan dari sensor ultrasonik yang dihubungkan dengan Arduino, untuk itu dibuat

program pada Arduino dengan bahasa C supaya sensor dapat diaktifkan (*trigger*) dan sinyal pantulannya (*echo*) dapat diproses dengan benar yang kemudian data sensor ultrasonik dapat dibaca dengan perhitungan yang sesuai.

```
void loop() {
  status_tombol = digitalRead(PushBot);
  if (status_tombol == LOW) {
    status_ukur = 1;
    if(status_ukur == 1){

      digitalWrite(trigPin, LOW);
      delayMicroseconds(2);
      digitalWrite(trigPin, HIGH);
      delayMicroseconds(10);
      digitalWrite(trigPin, LOW);
      duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
      distanceCm = duration*0.034/2;
    }
  }
}
```

3.3.2 Pengaturan Besar Gain Daya Pancar

Data pengukuran jarak sasaran yang telah dikirimkan oleh sensor ultrasonik ke Arduino kemudian dimanfaatkan untuk mengatur besar tegangan input ke PGA ADL5330, sehingga gain amplifier ADL5330 dapat disesuaikan berdasarkan jarak sasaran. Pemrograman diperlukan supaya pin pada Arduino Uno bisa mengeluarkan PWM yang sesuai untuk memberikan besar nilai tegangan pada PGA.

```
if (distanceCm >= 0 && distanceCm < 25){
  tegangan = 0.5;
  nilai_pwm = (int)(tegangan*255)/5;
  analogWrite( 3 , nilai_pwm );
}
else if (distanceCm >= 26 && distanceCm < 50){
  tegangan = 1;
  nilai_pwm = (int)(tegangan*255)/5;
  analogWrite( 3 , nilai_pwm );
}
else if (distanceCm >= 51 && distanceCm < 100){
```

```

    tegangan = 1.5;
    nilai_pwm = (int)(tegangan*255)/5;
    analogWrite( 3 , nilai_pwm );
}
else if (distanceCm >= 101 && distanceCm < 150){
    tegangan = 2;
    nilai_pwm = (int)(tegangan*255)/5;
    analogWrite( 3 , nilai_pwm );
}
else if (distanceCm >= 151 && distanceCm < 200){
    tegangan = 2.5;
    nilai_pwm = (int)(tegangan*255)/5;
    analogWrite( 3 , nilai_pwm );
}
else if (distanceCm >= 201 && distanceCm < 250){
    tegangan = 3;
    nilai_pwm = (int)(tegangan*255)/5;
    analogWrite( 3 , nilai_pwm );
}
else if (distanceCm >= 251 && distanceCm < 300){
    tegangan = 3.5;
    nilai_pwm = (int)(tegangan*255)/5;
    analogWrite( 3 , nilai_pwm );
}
else if (distanceCm >= 301 && distanceCm < 350){
    tegangan = 4;
    nilai_pwm = (int)(tegangan*255)/5;
    analogWrite( 3 , nilai_pwm );
}
else if (distanceCm >= 351 && distanceCm < 399){
    tegangan = 4.5;
    nilai_pwm = (int)(tegangan*255)/5;
    analogWrite( 3 , nilai_pwm );
}
else if (distanceCm >= 400 ){
    tegangan = 5;
    nilai_pwm = (int)(tegangan*255)/5;
    analogWrite( 3 , nilai_pwm );
}

```

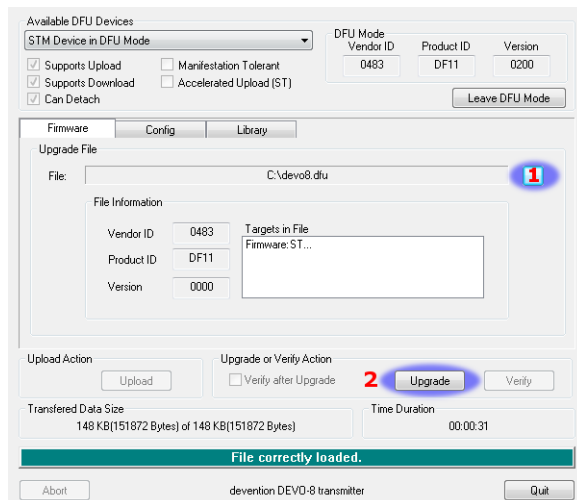
3.3.3 Instalasi *Firmware* pada *Transmitter Devo 7E*

Instalasi *firmware* pada *transmitter* Devo 7E dilakukan agar *transmitter* mengenali modul *wireless transceiver* NRF24L01 yang dipasang pada *board* Devo 7E. Langkah-langkah instalasi *firmware* dilaksanakan sesuai tutorial pada website Deviation TX. Adapun langkah-langkahnya yaitu :

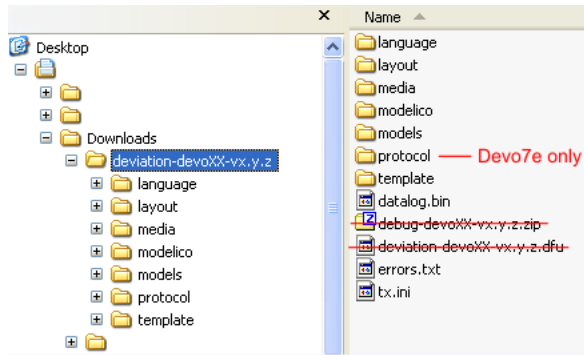
- a. *Download firmware file* Deviation devoXX-x.y.z.zip dari <http://deviationtx.com/downloads-new/category/1-deviation-release>. Dengan XX adalah nomor tipe Walkera Devo™ *transmitter* yang dimiliki (dalam hal ini Devo 7E). x.y.z merupakan nomor versi identitas Deviation. Kemudian *unzip* dan *install file* tersebut pada *drive* lokal di komputer.
- b. *Download file* Deviation USBDrv Installer dari <http://www.deviationtx.com/downloads-new/category/161-dfu-usb-tool>. Kemudian ekstrak *file*-nya dan jalankan 'DFU USBDrv Installer-x.y.exe.
- c. Instalasi Deviation dengan menggunakan Walkera Dfuse *tool* dilakukan sama persis seperti meng-*upgrade firmware* Walkera Devention.
- d. *Unzip file* yang tadi diunduh, lalu hubungkan *transmitter* Devo 7E dengan USB ke komputer. Nyalakan *transmitter* sambil terus menekan 'EXT' untuk masuk ke mode pemrograman.
- e. Ketika *transmitter* telah terhubung dengan benar, 'STM Device in DFU Mode' akan muncul di kolom 'Available DFU Devices'. Jika masih ada permasalahan maka kolom tersebut akan tetap kosong. Gambar 3.7 menampilkan layar komputer saat *transmitter* telah terhubung.
- f. Tekan tombol '...' dan pilih *file* deviation-devoXX-x.y.z.dfu untuk instalasi.
- g. Pilih 'Upgrade' untuk *install firmware*. Tombol ini akan berwarna abu-abu jika *transmitter* tidak terdeteksi. Jangan gunakan opsi 'Upload' karena akan merusak *file* dfu yang ada pada komputer.
- h. Matikan *transmitter*, kemudian nyalakan kembali sambil menekan 'ENT'. Akan tampil pada layar *transmitter* logo USB. Ketika pertama kali instalasi, maka lakukan

langkah format dari komputer menggunakan opsi umum. Setelah itu *upgrade file system* melalui koneksi USB.

- i. Buka *folder* yang telah diekstrak dari *file zip* dan salin semua *file* dan direktori di dalam *folder* tersebut ke dasar *drive USB transmitter* Devo 7E. Rincian *file-system* dapat dilihat pada USB dan *File-system*. *File* dengan ekstensi ‘zip’ dan ‘dfu’ tidak perlu disalin. Pada gambar 3.8 ditampilkan *file* yang harus disalin dan yang jangan disalin.
- j. Jika meng-*upgrade* dari versi rilis yang lebih lama, jangan *upgrade file* ‘tx.ini’ dan ‘hardware.ini’ atau direktori ‘model’. Sebagai langkah opsional, salin direktori ‘model’ ke *transmitter* kecuali untuk *file* model yang saat ini dikonfigurasi. Langkah terakhir ini akan memastikan bahwa pengaturan untuk model baru yang telah dibuat memiliki pilihan-pilihan baru. Namun jika *file* ‘tx.ini’ ditimpa, maka kalibrasi *stick* harus diulang dan diatur ulang lagi [17].



Gambar 3.8 Tampilan pada komputer aplikasi Deviation USBDrive Installer



Gambar 3.9 Tampilan pada layar komputer *file* yang harus disalin dan yang jangan disalin

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini dijelaskan tentang pengujian dan analisa dari hasil perancangan sistem yang telah dikerjakan pada bab sebelumnya. Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan metode yang telah dikerjakan. Pengujian dilakukan dalam dua tahap yaitu pengujian parsial dan pengujian terintegrasi.



Gambar 4.1 Peralatan sistem *drone jammer* dan *drone* Syma X5HW

Gambar 4.1 adalah gambar dari rancang bangun sistem *drone jammer* dengan kontrol daya pancar berdasarkan jarak sasaran yang telah dibuat dan satu set *drone* Syma X5HW dengan *transmitter*-nya.

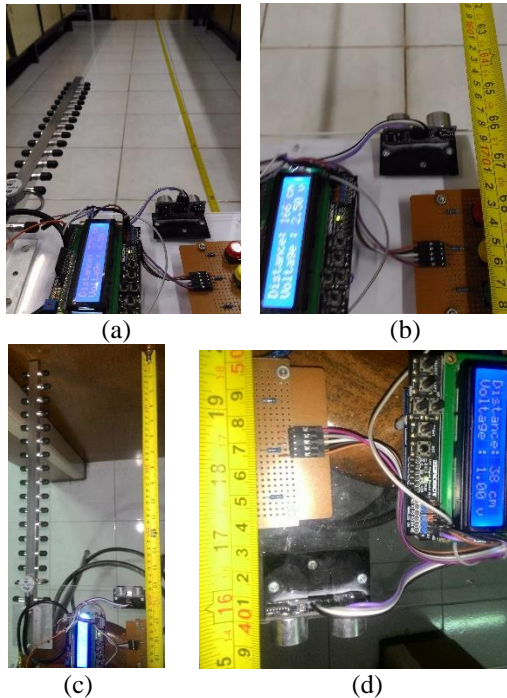
4.1 Pengujian Parsial

Pengujian parsial meliputi pengujian jarak jangkauan sensor ultrasonik HC-SR04, pengujian frekuensi *transmitter drone* Syma X5HW, pengujian frekuensi *transmitter* pada sub-sistem *drone*

jammer (Devo 7E dengan NRF24L01), pengujian rangkaian *driver* tegangan, dan pengujian nilai VSWR antenna.

4.1.1 Pengujian Jarak Jangkauan Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui secara pasti hasil di lapangan dibandingkan data keterangan yang ada pada *datasheet*.



Gambar 4.2 Pengukuran sensor ultrasonik HC-SR04 dibandingkan dengan meteran manual

Pada gambar 4.2 ditampilkan pengukuran jarak yang dilakukan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan dibandingkan langsung dengan meteran manual, sehingga bisa diketahui kesesuaian datanya. Sensor ultrasonik dihubungkan ke Arduino Uno dan dari Arduino Uno data pengukuran oleh

sensor ultrasonik ditampilkan pada LCD *Shield* Arduino. Data yang tertampil pada LCD merupakan data dari sensor ultrasonik yang tidak ditampilkan nilai di belakang komanya.

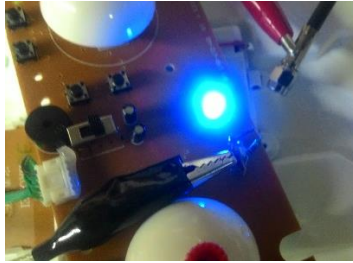
Tabel 4.1 Data Jarak Jangkauan Sensor Ultrasonik HC-SR04

Jarak (cm)	Hasil Pengukuran Ultrasonik(cm)
3,8	4
17	17
41,5	41
67	65
100	101
147	144
177	174
200	202
253	250
300	296
315	314
355	357
375	381

Tabel 4.1 merupakan hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan pada sistem untuk mengukur jarak dan jarak yang didapatkan dari meteran manual. Terdapat sedikit perbedaan nilai yang didapat antara sensor ultrasonik dengan meteran manual, dikarenakan kemungkinan sensor ultrasonik yang kepekaannya menurun ketika jarak semakin jauh.

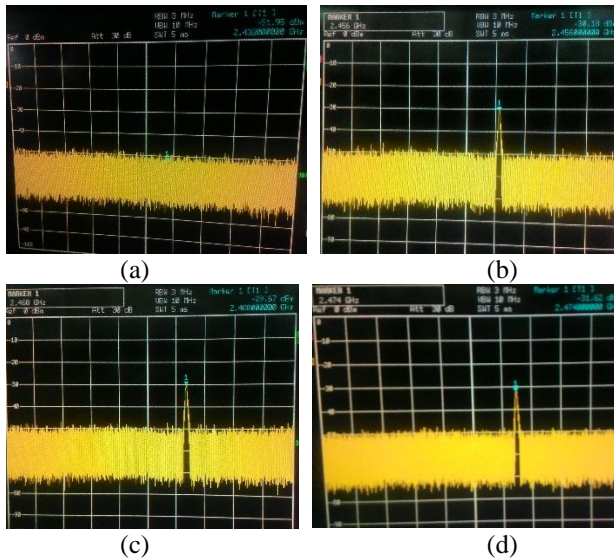
4.1.2 Pengecekan Frekuensi Radio Remote Control Drone Syma X5HW

Pengecekan frekuensi radio pada *transmitter drone* Syma X5HW dilakukan untuk mengetahui zona frekuensi 2,4 GHz yang dipakai. Pengecekan frekuensi radio *remote control* menggunakan *spectrum analyzer* yang memiliki rentang 9 KHz hingga 30 GHz.



Gambar 4.3 Pengecekan frekuensi *remote control drone*

Pada gambar 4.3 menampilkan cara pengambilan data frekuensi *remote control drone* yang dilakukan secara langsung menghubungkan antenna yang ada di dalam remote tersebut dengan kabel *coaxial* yang menuju ke *spectrum analyzer*.



Gambar 4.4 Frekuensi *remote control drone*

Pada gambar 4.4 (a) menunjukan tampilan awal pada layar *spectrum analyzer* sebelum *remote control* dinyalakan. *Noise* yang ada pada layar merupakan *noise* yang dimiliki *spectrum*

analyzer itu sendiri dan bukan merupakan frekuensi yang ditangkap dari alat lain.

Pada gambar 4.4 (b), (c) dan (d) menunjukkan tampilan pada *spectrum analyzer* setelah *transmitter drone* Syma X5HW diaktifkan. *Spectrum analyzer* menampilkan ada tiga frekuensi yang muncul secara bergantian yang merupakan fekuensi kendali dari *transmitter drone* tersebut. Dari tampilan itu dapat diambil data frekuensi yang digunakan dan besarnya *power transmitter drone* dalam decibel (dB).

Tabel 4.2 Data frekuensi dan besar *power transmitter drone* Syma X5HW

Channel	Frekuensi (GHz)	Power Terukur (dBm)
Channel 1	2,456	-30,18
Channel 2	2,468	-29,67
Channel 3	2,474	-31,62

Tabel 4.2 menampilkan data frekuensi dan *besar power transmitter drone* sesuai dengan gambar 4.4 (b), (c) dan (d) yang menunjukkan bahwa besarnya *power* dalam dBm dengan amplitudo yang bisa dihitung berdasarkan data yang ditampilkan.

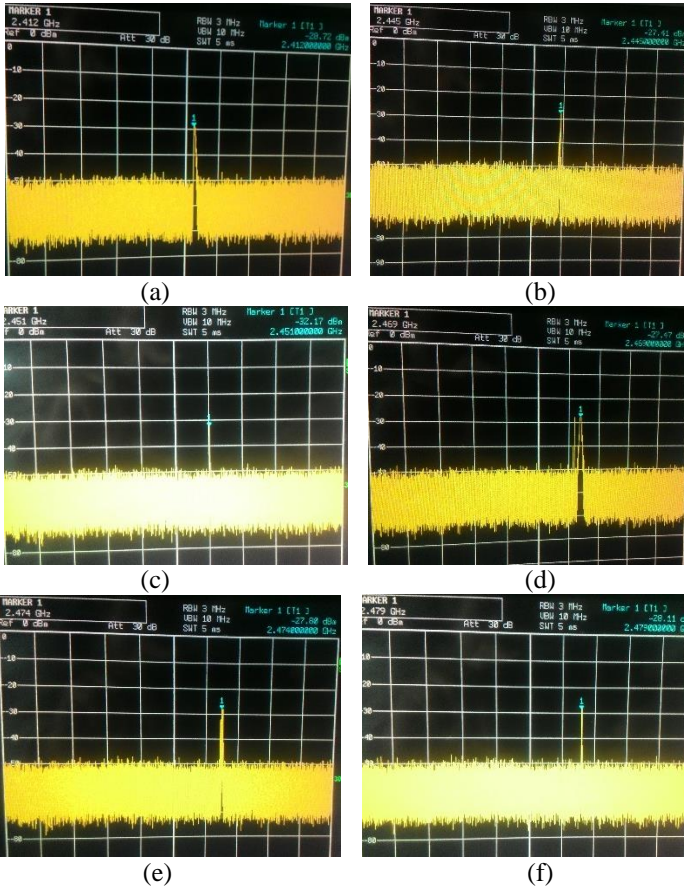
4.1.3 Pengujian Frekuensi pada Sistem *Drone Jammer*

Pengujian frekuensi sistem *drone jammer* yang memakai *transmitter* Devo 7E dan NRF24L01 dilakukan dengan menggunakan *spectrum analyzer*, sehingga diketahui secara pasti frekuensi dan besar powernya.



Gambar 4.5 Pengukuran frekuensi sistem *drone jammer* menggunakan *spectrum analyzer*

Pada gambar 4.5 ditampilkan pemasangan sistem *drone jammer* dengan *spectrum analyzer*. Sistem *drone jammer* langsung dihubungkan dengan *spectrum analyzer* dari output modul NRF24L01 yang ada pada sistem *drone jammer* tersebut.



Gambar 4.6 Frekuensi *transmitter* Devo 7E dengan NRF24L01

Gambar 4.6 menunjukkan tampilan frekuensi yang dipancarkan oleh *transmitter* Devo 7E dengan NRF24L01 yang pengukurannya diberi pengaman attenuator 30 dB dikarenakan

pancaran cukup besar dan dikhawatirkan bisa merusak *spectrum analyzer* sehingga perlu pencegahan kerusakan *spectrum analyzer*.

Tabel 4.3 Data frekuensi *transmitter* Devo 7E dengan NRF24L01

Frekuensi (GHz)	Besar Power Terukur (dBm)	Attenuator (dB)
2,412	-28,72	30
2,445	-27,41	30
2,451	-32,17	30
2,469	-27,47	30
2,474	-27,80	30
2,479	-28,11	30

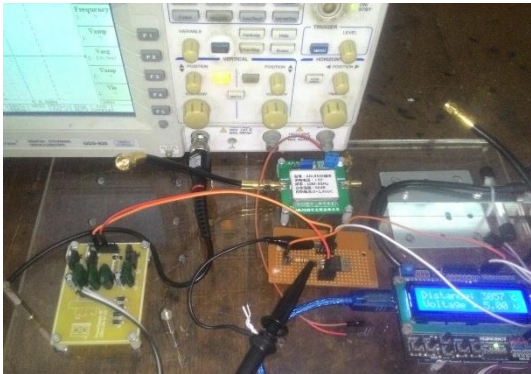
Pada pengukuran frekuensi *transmitter* Devo 7E dengan NRF4L01 digunakan *attenuator* pada jalur input menuju *spectrum analyzer* dikarenakan besar dBm yang terukur cukup besar melebihi garis 0 dBm, sehingga dikhawatirkan dapat merusak *spectrum analyzer* sehingga ditambahkan *attenuator* 30 dB sehingga power yang dipancarkan lebih aman terhadap *spectrum analyzer*. Data pada Tabel 4.3 menunjukkan besar power terukur yang sudah diberi *attenuator* 30 dB, sehingga untuk mendapatkan besar power yang sebenarnya maka besar power terukur ditambah dengan besar *attenuator*. Frekuensi yang didapat pada pengujian *transmitter* Devo 7E dengan NRF24L01 menunjukkan bahwa pancaran bekerja pada pita frekuensi 2,4 GHz secara *scanning* (berubah bergantian terus menerus) pada frekuensi yang telah ditampilkan pada gambar 4.4 tersebut.

Dari data tabel 4.3 menunjukkan bahwa frekuensi *transmitter* Devo 7E dengan NRF24L01 yang serupa dengan frekuensi pada *transmitter drone* Syma X5HW hanya pada frekuensi 2,474 GHz, hal ini menjadi salah satu penyebab kurang efektifnya sistem *drone jammer* yang digunakan untuk mengganggu frekuensi kendali *drone*. Karena frekuensi kendali pada *transmitter drone* Syma tidak seluruhnya tertutupi oleh sinyal frekuensi dari *transmitter* Devo 7E dengan NRF24L01. Frekuensi kendali *drone* Syma masih memiliki jalur pada frekuensi 2,456 GHz dan 2,464 GHz yang masih tidak tertutup

dengan sempurna oleh frekuensi *transmitter* Devo 7E dengan NRF24L01, frekuensi yang paling dekat adalah 2,451 GHz dan 2,469 GHz sehingga *transmitter drone* Syma masih bisa berkomunikasi dengan *drone* melalui frekuensi 2,456 GHz dan 2,464 GHz, sedangkan frekuensi 2,474 GHz sudah tertutupi oleh *scanning* frekuensi dari *transmitter* Devo 7E dengan NRF24L01.

4.1.4 Pengujian Rangkaian *Driver* Tegangan

Pengujian rangkaian *driver* tegangan dilakukan untuk mendapatkan besar tegangan yang sesuai untuk mengatur PGA sehingga tegangan yang dikeluarkan cukup untuk mengaktifkan PGA dengan baik.



Gambar 4.7 Pengujian rangkaian *driver* tegangan

Pada gambar 4.7 ditampilkan pengukuran pada rangkaian *driver* tegangan yang dibuat. Pengujian dipantau menggunakan *osiloscope*, amperemeter dan voltmeter untuk mengetahui besar input, output rangkaian *driver* serta bentuk sinyal pada bagian PWM Arduino Uno sebagai masukan rangkaian *driver* tegangan, dan bentuk sinyal keluaran rangkaian *driver* setelah dilakukan beberapa perlakuan percobaan, sehingga dapat dipilih komponen mana yang paling sesuai untuk *driver* tegangan PGA.

Tabel 4.4 Pengukuran PWM rangkaian driver tegangan transistor NPN 2N3904

PWM Arduino (volt)	Tanpa Kapasitor 1000 μ F		Dengan Kapasitor 1000 μ F	
	Duty Cycle	V out Emitter (volt)	Duty Cycle	V out Emitter (volt)
0.500	14.26%	0.620	9.86%	2.676
1.020	24.21%	1.010	20.69%	2.862
1.500	33.82%	1.380	29.49%	2.898
2.026	43.97%	1.710	40.48%	2.928
2.546	53.96%	2.030	50.90%	3.040
3.040	64.21%	2.426	60.91%	3.170
3.500	73.75%	2.700	71.06%	3.220
4.050	83.58%	3.015	80.30%	3.380
4.500	91.93%	3.340	89.87%	3.475
5.070	100%	3.514	100%	3.575

Pada tabel 4.4 ditunjukkan hasil pengujian rangkaian *driver* tegangan menggunakan transistor NPN 2N3904 dan resistor pada kaki basis sebesar 1 K ohm. Hasil keluaran tegangan pada kaki *emitter* berbanding lurus dengan *duty cycle* dari PWM Arduino Uno, namun tetap ada perbedaan ketika menggunakan kapasitor 1000 μ F dengan ketika tidak menggunakan kapasitor 1000 μ F. Pada pengujian PWM rendah sangat terlihat perbedaan nilai tegangan keluaran dikarenakan ada atau tidaknya penyimpanan muatan oleh kapasitor, yaitu 0,62 volt pada rangkaian driver tanpa kapasitor di bagian keluaran kaki emitter dibandingkan dengan rangkaian driver tegangan yang memakai kapasitor di bagian kaki keluaran emitter yang bernilai 2,676 volt. Tetapi pada saat PWM menunjukkan *duty cycle* 100%, tegangan output pada kaki emitter menunjukkan nilai yang hampir sama baik pada percobaan tanpa memakai kapasitor 1000 μ F ataupun memakai kapasitor tersebut yaitu bernilai 3,514 volt dan 3,575 volt.

Tabel 4.5 Data pengujian rangkaian *driver* tegangan

Transistor NPN			Transistor Darlington NPN		
Resistor (ohm)	Tegangan input pada colector 5 volt		Resistor (ohm)	Tegangan input pada colector 5 volt	
	V out emitter (volt)	I out emitter (mA)		V out emitter (volt)	I out emitter (mA)
1K	3,55	56,82	1K	3,68	54,02
100	3,84	77,51	100	3,78	57,21
10	3,98	89,71	10	3,78	63,98
Resistor (ohm)	Tegangan input pada colector 9 volt		Resistor (ohm)	Tegangan input pada colector 9 volt	
	V out emitter (volt)	I out emitter (mA)		V out emitter (volt)	I out emitter (mA)
1K	3,76	78,29	1K	3,73	56,23
100	3,93	108,32	100	3,74	60,92
10	4,04	113,29	10	3,74	82,94

Pada tabel 4.5 menunjukkan pengujian rangkaian *driver*, dilakukan percobaan menggunakan transistor NPN dengan kode 2N3904 dan transistor Darlington NPN dengan kode TIP122. Resistor pada basis juga dilakukan percobaan dengan mengganti besar nilai resistornya yaitu 1000 ohm, 100 ohm dan 10 ohm. Tegangan suplai pada kolektor digunakan tegangan 5 volt dan 9 volt. Terdapat perbedaan yang cukup berarti ketika resistor yang dipakai diganti-ganti.

Pengujian lanjutan pada rangkaian driver tegangan dilanjutkan dengan menggunakan transistor PNP dengan kode TIP42C untuk mengetahui perbedaan tegangan output antara transistor NPN dengan transistor PNP.

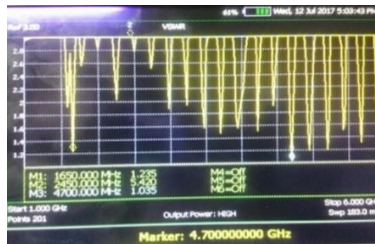
Tabel 4.6 Data pengujian rangkaian *driver* tegangan menggunakan transistor PNP

Duty Cycle	V out Collector
9.25%	4,89 v
19.81%	5,01 v
29.43%	4,98 v
39.26%	4,92 v
49.98%	4,83 v
59.74%	4,70 v
69.62%	4,57 v
80.39%	4,39 v
89.51%	4,17 v
100.00%	0,3 v

Pada table 4.6 ditampilkan data pengujian rangkaian *driver* tegangan yang menggunakan transistor PNP TIP42C. *Duty cycle* yang keluar dari PWM Arduino Uno diolah sehingga memberikan tegangan output pada kaki kolektor dari paling besar 4,89 volt sampai yang terkecil 0,3 volt.

4.1.5 Pengujian Antena

Pengujian antena dilakukan menggunakan VSWR meter untuk mengetahui efektifitas pancaran berdasarkan frekuensi yang dipancarkan. Antena yang diuji adalah *directional antenna* Yagi 2,4 GHz dan *omnidirectional antenna* 2,4 GHz.



Gambar 4.8 Tampilan VSWR meter antena *directional* Yagi 2,4 GHz

Pada gambar 4.8 di atas dapat diketahui bahwa *antenna directional* Yagi 2,4 GHz bekerja baik di sekitar frekuensi 1,65 GHz, dengan nilai VSWR 1,235. Sedangkan pada frekuensi 2,45 GHz antena tersebut tidak memiliki nilai VSWR yang baik yaitu 5,420. Hal ini menjadi salah satu faktor yang menyebabkan kurang efektifnya pancaran sinyal *drone jammer* yang ditransmisikan melalui *antenna directional* Yagi 2,4 GHz ini, karena berdasarkan nilai yang didapat dari pengukuran menggunakan VSWR meter nilai tersebut menunjukkan pancaran yang ditransmisikan lebih kecil dibandingkan dengan pancaran yang memantul kembali ke sistem dari *antenna directional* tersebut.



Gambar 4.9 Tampilan VSWR meter antena *omnidirectional* 2,4 GHz

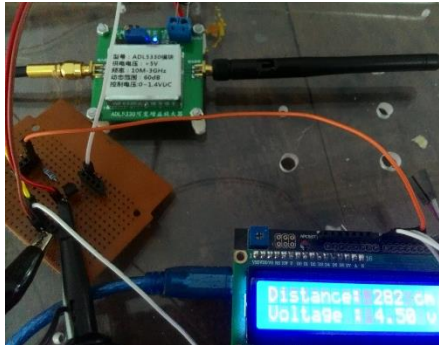
Pada gambar 4.9 di atas terlihat jelas bahwa antena *omnidirectional* 2,4 GHz bekerja dengan baik pada frekuensi di sekitar 2,4 GHz dengan gambar grafik VSWR yang sangat halus di frekuensi 2,4 GHz dengan nilai VSWR 1,105.

4.2 Pengujian Integrasi

Pengujian integrasi merupakan pengujian secara keseluruhan dari semua pengujian parsial. Pengujian yang dilaksanakan meliputi pengujian kontrol gain dari output data sensor ultrasonik, pengujian sinyal jamming dengan gain yang dikontrol oleh PGA dari output Arduino Uno, dan pengujian daya tahan baterai.

4.2.1 Pengujian Kontrol Power dengan Output Sensor Ultrasonik

Pengujian untuk mengetahui power yang didapat dari proses algoritma Arduino yang mendapatkan input dari data sensor ultrasonik.



Gambar 4.10 Pengujian kontrol tegangan PGA berdasarkan data jarak sensor ultrasonik HC-SR04

Pada gambar 4.10 ditunjukkan pengujian kontrol tegangan pada PGA, tegangan yang didapatkan oleh PGA berasal dari PWM Arduino Uno yang telah mengolah data jarak sasaran dari sensor ultrasonik HC-SR04. Pengukuran ditampilkan pada osiloskop.

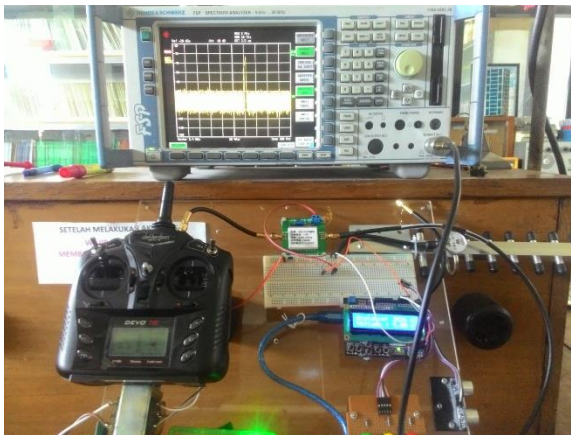
Tabel 4.7 Tegangan pada PGA berdasarkan data pengukuran HC-SR04

Pengukuran HC-SR04 (centimeter)	Besar Tegangan pada PGA (Volt)
4	3,5
41	3,5
101	4
174	4
202	4,5
250	4,5
314	5
375	5

Besar tegangan pada PGA ADL5330 dapat dikontrol sesuai dengan algoritma program Arduino. Pada tabel 4.7 menunjukkan tegangan yang terukur dengan voltmeter pada PGA ketika jarak sasaran berubah, nilai tegangan PGA terukur 3,5 volt ketika jarak sasaran kurang dari 100 centimeter, tegangan PGA terukur 4 volt ketika jarak sasaran oleh sensor ultrasonik pada kisaran jarak 100 centimeter hingga 200 centimeter. Tegangan berubah menjadi 4,5 volt ketika sensor ultrasonik mengukur jarak pada kisaran 200 centimeter sampai 300 centimeter. Tegangan menjadi 5 volt atau maksimal ketika sensor ultrasonik mengukur jarak lebih dari 300 centimeter. Hal ini sesuai dengan pemrograman pada Arduino.

4.2.2 Pengujian Aktivasi Sinyal Jamming dengan Kontrol PGA dari Output Arduino Uno

Pengukuran daya pancar sinyal jamming berdasarkan kontrol gain dari PGA dan sensor ultrasonik yang diolah oleh Arduino Uno.



Gambar 4.11 Pengukuran sinyal *jamming* yang telah dilewatkan PGA

Pada gambar 4.11 ditunjukkan gambar pengukuran sistem drone jammer yang dihubungkan dengan PGA. PGA telah

mendapatkan input dari rangkaian driver tegangan dengan disesuaikan dari input Arduino Uno.

Tabel 4.8 Besar daya pancar berdasarkan kendali dari PGA ADL5330 dan sensor ultrasonik HC-SR04

Data Jarak dari Sensor Ultrasonik (cm)	Besar Tegangan PGA (Volt)	Besar Daya Pancar (dBm)
375	5	-13,98
350	5	-13,37
250	4,5	-21,97
202	4,5	-22,71
174	4	-31,16
101	4	-31,22
41	3,5	-40,84
4	3,5	-39,16

Pada tabel 4.8 ditampilkan data yang menunjukkan data jarak sasaran oleh sensor ultrasonik, nilai tegangan pada PGA dan besar daya pancar sinyal. Pada jarak lebih dari 300 centimeter, nilai tegangan PGA adalah 5 volt dan besar daya pancar berkisar pada -13 dBm (yaitu yang tercatat pada -13,98 dBm dan -13,37 dBm). Pada jarak sasaran antara 200 centimeter sampai 300 centimeter, nilai tegangan PGA adalah 4,5 volt dengan besar daya pancar berkisar pada -21 dBm (yaitu yang tercatat pada -21,97 dBm dan -22,71 dBm). Pada jarak sasaran antara 100 centimeter hingga 200 centimeter, tegangan PGA menunjukkan 4 volt dan besar daya pancar berkisar pada -31 dBm (yang tercatat adalah -31,16 dBm dan -31,22 dBm). Pada jarak sasaran kurang dari 100 centimeter, tegangan terukur 3,5 volt dan besar daya pancar berkisar pada -39 dBm (yaitu pada -39,16 dBm dan -40,84 dBm). Pada pengukuran dengan tegangan PGA 3,5 volt menunjukkan besar daya yang sangat kecil dan mendekati ambang batas noise pada spectrum analyzer, sehingga nilai tegangan 3,5 volt pada PGA tidak dianjurkan untuk digunakan karena tidak efektif untuk memancarkan sinyal oleh PGA ADL5330.

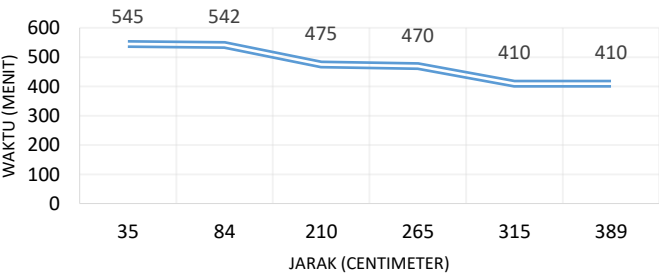
4.2.3 Pengujian Daya Tahan Baterai

Pengujian daya tahan baterai dilakukan pada waktu jarak sasaran dekat (kurang dari 2 meter), menengah (2 meter sampai 3 meter) dan jauh (lebih dari 3 meter).

Tabel 4.9 Daya tahan baterai terhadap jarak sasaran

Jarak (centimeter)	Tegangan PGA (Volt)	Daya Tahan Baterai (Menit)
35	4	545
84	4	542
210	4,5	475
265	4,5	470
315	5	410
389	5	410

Pada tabel 4.9 ditunjukkan daya tahan baterai dengan jarak sasaran yang dekat (kurang dari 2 meter) mampu bertahan selama 545 menit, pada jarak sasaran yang menengah (2 meter sampai 3 meter) dapat bertahan selama 475 menit, dan pada jarak sasaran jauh (lebih dari 3 meter) baterai bisa bertahan selama 410 menit. Hal ini menunjukkan bahwa daya tahan baterai lebih tahan lama ketika jarak peralatan dengan sasaran lebih dekat.



Gambar 4.12 Grafik daya tahan baterai terhadap jarak sasaran

BAB V

PENUTUP

Setelah dilakukan kegiatan perancangan sistem dan pengujian pada alat, didapatkan kesimpulan dan beberapa saran sebagai masukan untuk pengembangan selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengujian *sistem drone jammer* yang menggunakan pengaturan daya pancar dengan memanfaatkan Arduino Uno, PGA ADL5330 dan pengukuran jarak sensor ultrasonik HC-SR04 serta NRF24L01 untuk transmisi pada pita frekuensi 2,4 GHz ini diperoleh beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut :

- a. Pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dapat dilakukan mulai dari jarak 4 cm sampai 375 cm.
- b. Frekuensi *transmitter drone* Syma X5HW berada pada pita frekuensi 2,4 GHz, dengan tiga *channel* frekuensi yang terus dipancarkan secara bergantian pada frekuensi 2,456 GHz, 2,464 GHz dan 2,474 GHz. Besarnya daya pancar berkisar pada -30 dBm yang diukur menggunakan *spectrum analyzer*.
- c. Frekuensi pada sistem *drone jammer* yang menggunakan *transmitter* Devo 7E dengan NRF24L01 juga berada pada pita frekuensi 2,4 GHz, dengan frekuensi *scanning* yang berubah-ubah dari 2,412 GHz hingga 2,479 GHz dengan kisaran daya pancar 3 dBm. Namun frekuensi yang sama dengan frekuensi *transmitter drone* Syma hanya pada frekuensi 2,474 GHz, hal ini menjadi salah satu penyebab kurang efektifnya sistem *drone jammer* yang dibuat untuk dapat melakukan interferensi atau pengacauan frekuensi sinyal kendali *drone*.
- d. Sistem mampu mengontrol daya pancar sesuai dengan data jarak sasaran. Tegangan minimal yang dapat mengaktifkan PGA adalah 3,5 volt dan tegangan maksimal 5 volt.
- e. Antena *directional* Yagi 2,4 GHz yang memiliki nilai VSWR 5,420 menandakan antena tidak mampu bekerja dengan baik di frekuensi 2,4 GHz. Hal ini menjadi salah satu faktor kurang efektifnya pancaran frekuensi 2,4 GHz oleh sistem *drone jammer*.

- f. Pengujian ketahanan baterai menunjukkan baterai lebih tahan lama waktu penggunaannya ketika daya pancarnya kecil yaitu 545 menit dan baterai lebih cepat habis ketika digunakan pada daya pancar *full power* yaitu 410 menit.

5.2 Saran

Ada beberapa saran yang terkait dengan kendala dan kekurangan yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini sehingga diharapkan menjadi bahan pertimbangan pada tahap pengembangan selanjutnya yang antara lain sebagai berikut :

1. Perancangan pembuatan *drone jammer* bisa dikembangkan menggunakan alat lain yang berfrekuensi sama dengan ditambah beberapa *amplifier* sehingga dapat lebih efektif untuk melakukan interferensi atau pengacauan sinyal kendali.
2. Penggunaan antena *directional* ataupun *omnidirectional* yang lain untuk mendapatkan nilai VSWR yang baik yaitu bernilai di antara 1 hingga 2 sehingga pancaran frekuensi bisa lebih efektif terpancar ke udara.
3. Pemakaian sensor pengukur jarak yang dapat mengukur jarak lebih jauh dari sensor ultrasonik, sehingga mampu mengukur jarak sasaran lebih dari 5 meter.

Demikian saran yang dapat disampaikan dengan harapan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan sehingga dapat bermanfaat untuk pengembangan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cavoukian, Ann. 2012. *Privacy and Drones :Unmanned Aerial Vehicles*. Information and Privacy Commisioner, Ontario Canada.
2. LaFay, Mark. 2016. *Understanding How Your Drone Is Controlled. Drone For Dummies*. Wiley Brand.
3. Eric C. Coll. 2016. *Telecom 101 : The New Generation IP Telecom Network – IP – MPLS – Ethernet – Fiber – Wireless – PSTN – VoIP – SIP – Carrier - Inernet*. Canada : Teracom Training Institute.
4. Stephan S. Jones, Ronald J. Kovac, and Frank M. Groom. 2016. *Introduction to Communications Technologies*. Boca Raton : CRC Press.
5. Bhatia, SK., Sharma, Kartik., Chaudhary, Kartik., Singh, Divyangna. 2015. *Signal Jammer and Its Applications*. International Journal of Electrical and Electronics Research, pp 463-467.
6. Jisrawi, Ahmad. 2014. *Drones Jammer*.
7. Bakshi, U.A., A.V. Bakshi, K.A. Bakshi. 2009. *Electronic Measurements and Intrumentation*. Technical Publications Pune.
8. Godse, A.P., D.A. Godse. 2007. *Microcontroller and Applications*. Technical Publications Pune.
9. Arduino Introduction. *What is Arduino?* [Online] <http://www.arduino.cc/en/guide/introduction>. Diakses pada tanggal 20 Juli 2017
10. Bullock, Scott R. 2000. *Transceiver and Signal Design for Digital Communications*. Atlanta : Noble Publishing Corporation.
11. J. Terzic et al. 2013. *Ultrasonic Fluid Quantity Measurement in Dynamic Vehicular Applications, Chapter 2*. Switzerland : Springer International Publishing.
12. Future Electronics. *Programmable Gain Amplifiers*. [Online] <http://www.futureelectronics.com/en/amplifiers/programmable-gain.aspx>. Diakses pada tanggal 19 Juli 2017.
13. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 180 Tahun 2015 Tentang Pengendalian Sistem Pesawat Udara

Tanpa Awak di Ruang Udara yang Dilayani Indonesia. Jakarta, 2015.

14. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2015 tentang Ketentuan Operasional dan Tata Cara Perizinan Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio. Jakarta, 2015.
15. Nordic Semiconductor. 2007. *NRF24L01 Datasheet, Single Chip 2,4GHz Transceiver Product Specification*.
16. Analog Device. *ADL5330 datasheet. 10 MHz to 3 GHz VGA with 60 dB Gain Control Range*. 2005.
17. Deviation. *User Manual For DEVO 7E/10/12E*. [Online] <https://www.deviationtx.com/user-manual/user-manual-7e-10>. Diakses pada tanggal 20 Juli 2017.

LAMPIRAN

Lampiran 1 :

Algoritma program Arduino :

```
#include <LiquidCrystal.h> // includes the LiquidCrystal Library
// #define PushBot 11
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7); // Creates an LCD object.
Parameters: (rs, enable, d4, d5, d6, d7)
const int trigPin = 12;
const int echoPin = 13;
const int PushBot = 11;
long duration;
int distanceCm, distanceInch;
int status_ukur = 0;
int status_tombol = 1;
float tegangan;
int nilai_pwm;
void setup() {
  lcd.begin(16,2); // Initializes the interface to the LCD screen, and
  specifies the dimensions (width and height) of the display
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  pinMode(PushBot, INPUT);
  // digitalWrite(PushBot, HIGH);
}
void loop() {
  status_tombol = digitalRead(PushBot);
  if (status_tombol == LOW) {
    status_ukur = 1;
    if(status_ukur == 1){

      digitalWrite(trigPin, LOW);
      delayMicroseconds(2);
      digitalWrite(trigPin, HIGH);
      delayMicroseconds(10);
      digitalWrite(trigPin, LOW);
```

```

duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distanceCm = duration*0.034/2;
distanceInch = duration*0.0133/2;
lcd.setCursor(0,0); // Sets the location at which subsequent text
written to the LCD will be displayed
lcd.print("Distance: "); // Prints string "Distance" on the LCD
lcd.print(distanceCm); // Prints the distance value from the
sensor
lcd.print(" cm ");

if (distanceCm >= 0 && distanceCm < 200){
    tegangan = 4;
    nilai_pwm = (int)(tegangan*255)/5;
    analogWrite( 3 , nilai_pwm );
}
else if (distanceCm >= 201 && distanceCm < 300){
    tegangan = 4.5;
    nilai_pwm = (int)(tegangan*255)/5;
    analogWrite( 3 , nilai_pwm );
}
else if (distanceCm >= 301 ){
    tegangan = 5;
    nilai_pwm = (int)(tegangan*255)/5;
    analogWrite( 3 , nilai_pwm );
}

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Voltage : ");
    lcd.print(tegangan);
    lcd.print(" volt ");

    //status_ukur ==0;
    delay(500);
}
else status_ukur == 0;

}
}

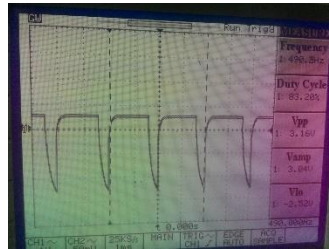
```


Lampiran 2 :

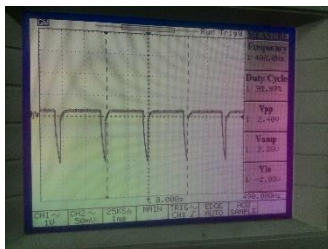
Gambar osiloskop pengujian rangkaian *driver* tegangan dengan transistor NPN tipe 2N3904 tanpa kapasitor 1000 μ F.



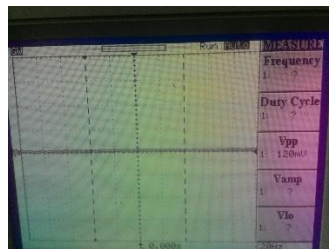
(a) PWM duty cycle 72,38%



(b) PWM duty cycle 83,20%



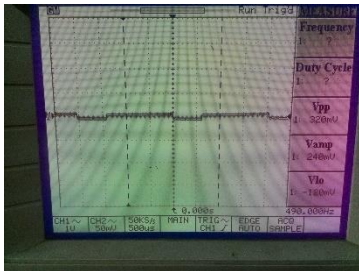
(c) PWM duty cycle 91,97%



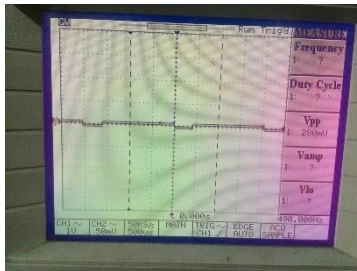
(d) PWM duty cycle 100%

Lampiran 3 :

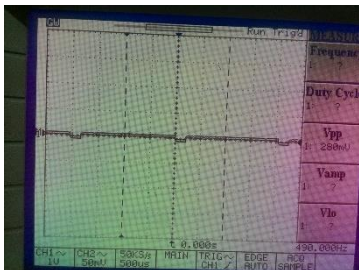
Gambar osiloskop pengujian rangkaian *driver* tegangan dengan menggunakan transistor NPN tipe 2N3904 dengan dipasang kapasitor 1000 μ F pada bagian emitter. PWM tidak dapat terdeteksi oleh osiloskop.



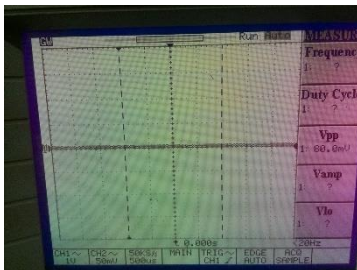
(a) Tegangan 3,5 volt



(b) Tegangan 4 volt



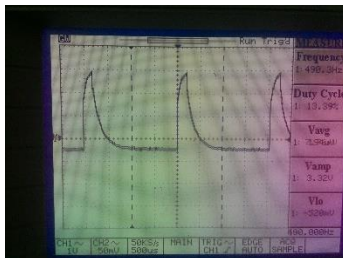
(c) Tegangan 4,5 volt



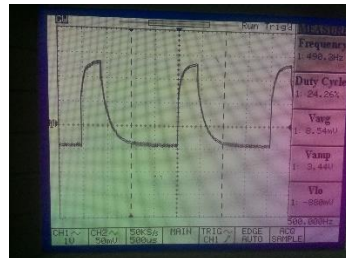
(d) Tegangan 5 volt

Lampiran 4 :

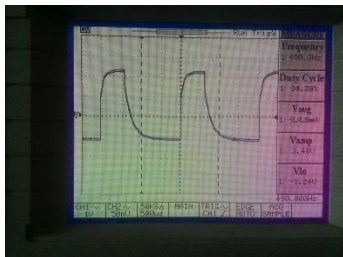
Gambar osiloskop pengujian rangkaian *driver* tegangan dengan menggunakan transistor PNP tipe TIP42C tanpa kapasitor 1000 μ F. Ketika *duty cycle* kecil, tegangan besar. Ketika *duty cycle* membesar, tegangan semakin mengecil.



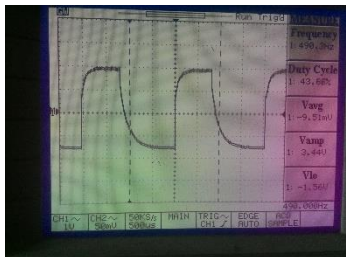
(a) duty cycle 13,39%



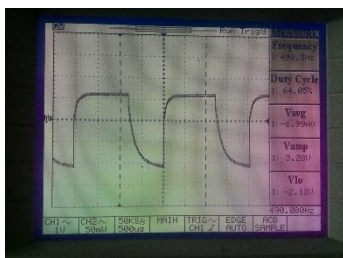
(b) duty cycle 24,26%



(c) duty cycle 30,20%



(d) duty cycle 43,67%



(e) duty cycle 64,05%

Lampiran 5 :

Percobaan daya pancar sistem *drone jammer* yang dilewatkan pada PGA ADL5330.

Frekuensi (MHz)	Power (dBm)	Ref Offset (dBm)	Attenuation (dB)	Tegangan	Keterangan
2470	-17.95	0	30	5 volt	dengan PGA
2446	-15.9	0	30	5 volt	dengan PGA
2470	-16.6	0	30	5 volt	dengan PGA
2438	-2.38	0	30	5 volt	tanpa PGA
2470	-0.92	0	30	5 volt	tanpa PGA
2438	-13.98	0	30	5 volt	dengan PGA
2414	-13.37	0	30	5 volt	dengan PGA
2470	-21.97	0	30	4.5 volt	dengan PGA
2438	-22.71	0	30	4.5 volt	dengan PGA
2414	-31.16	0	30	4 volt	dengan PGA
2446	-31.22	0	30	4 volt	dengan PGA
2438	-40.84	0	30	3.5 volt	dengan PGA
2414	-39.16	0	30	3.5 volt	dengan PGA
error	-49.47	0	30	3 volt	dengan PGA

BIODATA PENULIS



Hendrawan Candra Purnama, lahir di Malang, Jawa Timur pada tanggal 2 Juli 1985 adalah anak ketiga dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Prof. Dr. Ir. Sumardi HS., M.Sc. dan Ibu Sulistyowati. Penulis memulai pendidikan formalnya di SD Dharma Wanita Universitas Brawijaya Malang yang lulus pada tahun 1996. Kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Malang dari tahun 1996 hingga menyelesaikannya di tahun 2000.

Alhamdulillah penulis mampu melanjutkan ke sekolah menengah atas di SMA Taruna Nusantara Magelang tahun 2000 sampai lulus tahun 2003. Setelah itu, penulis meneruskan pendidikan di Akademi Angkatan Udara (AAU) Majoring Elektronika dan lulus pada tahun 2006. Selanjutnya penulis mendapatkan tugas belajar S1 program Lintas Jalur di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2015 dan memilih bidang studi Teknik Elektronika.

e-mail : chepe2006dipha@gmail.com